

**УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВУЗОВ**

АКАДЕМИК В.Р. ВИЛЬЯМС

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
С ОСНОВАМИ
ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОВИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВУЗОВ

АКАДЕМИК В. Р. ВИЛЬЯМС

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

★

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ С ОСНОВАМИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

ГЛАВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ВУЗОВ И
ТЕХНИКУМОВ НКЗ СССР ДОПУЩЕНО
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ
ДЛЯ СХ. ВУЗОВ

ЧЕТВЕРТОЕ, ПЕРЕСМОТРЕННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

★



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО КОЛХОЗНОЙ
И СОВХОЗНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ «СЕЛЬХОЗГИЗ»
МОСКВА—1939

$\frac{631.4}{B \ 46}$ доб. 55

ПРЕДИСЛОВИЕ

(к четвертому изданию)

В основе социалистического с/х производства лежат законы прогрессивного развития. Прогрессивное же развитие возможно тогда, когда наше воздействие на условия, в которых протекает с/х производственный процесс, направлено одновременно на весь их сложный комплекс, представляющий одно органическое целое, неразрывно и взаимосвязанное. Воздействие на один из элементов производства неминуемо влечет за собой необходимость воздействия и на все остальные. Забвение этой необходимости нарушает условия устойчивого повышения урожая.

Выяснению условий непрерывного и беспредельного повышения урожая с/х культур посвящен наш данный труд. Всю систему изучения почвы как природного тела и ее существенного признака плодородия, продукта человеческого труда, мы подчинили решению этой практически важнейшей производственной задачи. От такого подчинения теория почвоведения не проиграла, а выиграла. Связав науку о почве с практическим с/х производством, мы смогли более полно и всесторонне разобраться в законах, управляющих почвообразовательным процессом, в эволюционном развитии почвы.

Надо заметить, что до сих пор далеко еще не все ученые поняли решающую значимость указанной связи и не усвоили научных результатов, вытекающих из нее. Стремление подобных ученых держаться на позициях так называемой «чистой науки», а, вернее, уход от производственных задач и упорное цепляние за предрассудки тысячелетней давности, всегда заставляло их всеми мерами и способами бороться против всего нового, научного, никогда не согласующегося с их старым, давно отжившим и потерявшим право на призвание. Но это обстоятельство никогда не смущало и не смущает нас.

Мы вели, ведем и до конца будем вести настойчивую, последовательную и непримиримую борьбу против всех ложнонаучных теорий в агрономии, в какую бы сверхнаучную одежду эти теории не маскировались.

Лучшим вознаграждением наших трудов и борьбы мы считаем тот факт, что путь новаторов в агрономической науке, стахановцев земледелия, не разошелся с нашим научно-общественным путем, а совпал с ним. Опыт мастеров высокого урожая непреложно подтвердил правильность основного, исходного положения научной агрономии — урожаи могут расти беспредельно, если мы будем одновременно воздействовать на всю «алгебраическую» сумму комплекса внешних условий, в которых растет и развивается с/х растение. Мы счастливы тем, что дожили до времени, когда основные положения научной агрономии начинают находить приложение на совхозно-колхозных полях и получают там полное подтверждение. Мы счастливы тем, что нам привелось дожить до мощного развития исторического движения питомцев великого Сталина — стахановцев, движения,

в котором мы увидели не крушение, а подтверждение своих научных идей, развитию которых посвящена вся наша жизнь.

Я глубоко убежден, что агрономическая наука сейчас обязана прежде всего помочь колхозам и совхозам, с минимальными затратами труда, меньшими, чем приходилось делать пионерам-стахановцам, получать ныне рекордные урожаи не на отдельных участках, а на всей посевной площади, без изъятия. Одновременно, наука в тесном союзе со стахановцами должна повседневно решать практические задачи достижения новых рекордов, представляющих лишь вехи на пути беспредельного повышения урожаев.

Наконец, надо изо дня в день помогать миллионам колхозников, тысячам молодых научных работников овладевать всеми накопленными богатствами истинно научного, агрономического знания, ибо только этим путем можно двигать науку вперед по настоящему пути.

Подготавливая новое издание нашего «Почвоведения», пересматривая и дополняя его, я стремился возможно лучше решить те задачи, которые поставлены перед нами нашим великим учителем, вождем, вдохновителем новых побед Иосифом Виссарионовичем Сталиным и его ближайшим верным соратником и другом Вячеславом Михайловичем Молотовым.

Академик В. Р. ВИЛЬЯМС

Петровско-Разумовское,
1938.

ПРЕДИСЛОВИЕ

(к третьему изданию)

Роль и значимость почвоведения в агрономическом вузе не может вызывать каких бы то ни было сомнений. Его роль определяется тем, что почва представляет основное средство производства в сельском хозяйстве во всех стадиях его развития. Эта роль в сельском хозяйстве теоретически в совершенно равной мере принадлежит как почве, так растению и воздуху. По мере развития социально-экономических производственных отношений человечества и успехов тяжелой и легкой индустрии люди научились все в большей мере подчинять своим нуждам эти три «производительные силы природы», и тут выступает значимость почвоведения, которое научает подчинять все три «производительные силы природы» требованиям четвертой и главной — производительности социалистического планомерного труда.

Так как степень производительности социалистического труда во всех отраслях сельскохозяйственного производства зависит прежде всего от эффективного плодородия почвы, определяющего величину и устойчивость урожая, то совершенно очевидно, что этот момент определяет и значимость или удельный вес почвоведения в агрономическом вузе.

Почвоведение в своем первом разделе изучает процесс развития качественного признака, который сделал почву «основным и всеобщим средством производства», его природного плодородия. На основе этого изучения и в аспекте исторического развития социально-экономических производственных отношений и степени успеха тяжелой промышленности и транспорта почвоведение выработало социалистическую систему достижения и поддержания условий максимального эффективного плодородия почвы.

Изучение этой системы и ее основ, лежащих вне почвы, в особенностях групп сельскохозяйственных растений и в своеобразии самого производства и его экономическо-политических отношений к остальным производствам комплекса всего народного хозяйства, составляет предмет второго раздела почвоведения. Этот раздел носит обыкновенно название общего земледелия.

Очень часто эти два раздела, почвоведение и общее земледелие, в вузах СССР составляют предмет ведения и преподавания двух отдельных кафедр, как две самостоятельные дисциплины.

Это, несомненно, грубейшая ошибка, вытекающая из некритического освоения наследства буржуазной науки. Один факт расторжения органической связи этих двух разделов единого почвоведения, равно как и отрыв главы почвоведения об организации зеленой кормовой базы и обращение ее в самостоятельную дисциплину «луговое хозяйство» или еще хуже «кормодобыwanie», обрекает эти «дисциплины» на ложнонаучное существование, заставляет их развиваться на основе формально-дедуктивной логики, т. е. механистически. Они искусственно лишаются главной основы марксистско-ленинско-сталинской диалектики, непосредственной связи с производством, поэтому не могут его обслуживать, а в таком виде могут принести только вред.

Первый раздел, почвоведение, обращается в «науку ради науки», в «педологию», «чистую науку», никому не нужную, ибо ее выводы, основанные на формальных, т. е. морфологических, количественных признаках, не могут быть использованы производством, основанным на качественных признаках почвы. Только один раздел педологии, картография, блестяще развитая трудами академика Л. И. Прасолова, имеет производственное значение, как основа инвентаризации основного средства производства.

Второй раздел — общее земледелие, превратившись в самостоятельную дисциплину, лишенную научной базы, или обращается в перечень того, как, чем и что делают с почвой в разных краях, областях, республиках СССР и в иностранных государствах, изучает то, как можно делать, но из всего этого никак нельзя сделать вывода, как нужно делать; или, стараясь создать научную базу и связь с производством, всю систему науки земледелия строит на основе результатов «опытного дела», т. е. путем механистической обработки и комбинации данных, полученных при сохранении равенства всех условий опыта, кроме одного испытываемого. При этом забывается, что в результате взаимосвязи и взаимозависимости всех условий сложных процессов, протекающих в почве, количественное изменение одного условия неизбежно вызывает количественное изменение всех других условий. Эти изменения, слагаясь, быстро обратятся в качественные различия, в свою противоположность. Поэтому урожай опытной делянки представляет функцию многих переменных, и решение такого одного уравнения со многими неизвестными неосуществимо простым механистическим путем. Оно не поддается и диалектическому анализу, так как изменения всех условий, кроме одного, обычно не подвергаются регистрации.

Наконец, третий результат искусственного разрыва органической связи почвоведения и общего земледелия представляет безнадежные попытки механистического слияния их. Это механистическое слияние в настоящее время чаще всего производится путем совсем недопустимого в научной дисциплине грубейшего упрощенчества, подменой сложнейших биологических и микробиологических процессов простыми химическими реакциями. Не считаясь с основами теоретической химии, возрождается архаическое, уже сданное в архив гипотетическое представление о «почвенных цеолитах» под новым названием «поглощающего комплекса», отличающегося от старых «почвенных цеолитов» только тем, что в состав «поглощающего комплекса» входит, кроме «почвенных цеолитов», еще и «минерально-органическая гуматная» часть. Последняя представляет возрождение из пепла не менее архаического гипотетического представления Л. Грандо и Эггерта о «черном веществе». Это возрождение молчаливо принято, несмотря на то, что очень скоро после появления представления об органоминеральном «черном веществе» было доказано, что оно представляет простую механическую смесь разнообразных, не содержащих зольных элементов органических соединений с иловатыми элементами почвы $< 0,001$ мм.

«Поглощающий комплекс» обладает одним неоспоримым преимуществом. Он очень быстро разрушается и также быстро восстанавливается, смотря по надобности в нем у экспериментатора или по его излишеству. Для меня совершен-

но ясны огромные трудности этого направления, встречающегося на каждом шагу с бесчисленными представителями трех высших растительных формаций и с минимальным количеством трех тысяч биллионов (3×10^{15}) микроорганизмов на каждом гектаре почвы. Но также ясен и огромный вред агрохимического направления.

На основании всего вышесказанного я считаю совершенно недопустимым в социалистическом сельскохозяйственном вузе Советского Союза чтение самостоятельных курсов, а тем более существование самостоятельных кафедр общего земледелия, луговодства, кормодобывания, мелиораций и т. п.

Я считаю единственным, правильным путем такое распределение специальных кафедр в сельскохозяйственном вузе Советского Союза: почвоведение, растениеводство, животноводство, генетика (один общий курс), биологическая химия, учение об удобрении, механизация и электрификация, фито- и зоозащита растений и животных, сельскохозяйственная экономия, технология первичной обработки.

На этом основном фоне общее земледелие, учение о зеленой кормовой базе, мелиорация, культура болот составляют главы почвоведения, все же растениеводственные детали входят в кафедру растениеводства.

Считаю чрезвычайно важным, чтобы агрономический анализ, находящийся сейчас в положении беспризорного между кафедрами почвоведения, агрохимии, зоотехнии и технологии, был объединен в одну общую кафедру биохимии, органически слитой с кафедрой органической химии.

Что касается мелиораций, культуры болот, песков и т. п., то они органически входят в третий раздел почвоведения в его диалектическом понимании. Этот раздел (частное почвоведение) представляет учение о системах изменения природных условий почвенно-климатических областей СССР согласно требованиям планового социалистического народного хозяйства.

Так как изучение третьего раздела почвоведения не будет обязательно во всем объеме для всех факультетов, то я решил издать его отдельно в виде второго тома почвоведения.

Академик В. Р. ВИЛЬЯМС

Петровско-Разумовское,
июль, 1936.

ОТ АВТОРА

(к первому изданию)

Лежащая перед читателями книга представляет, насколько мне известно, единственную попытку подвести техническую базу под организационные принципы сельскохозяйственного производства Союза Советских Социалистических Республик.

Этой работе предшествовала обширная, оставшаяся в рукописи работа, которая была мной исполнена в качестве члена сельскохозяйственной секции Госплана СССР. В этой работе я пытался на основании конкретных погубернских данных произвести подсчет производительных возможностей, которые открываются в перспективе планомерной социалистической организации сельскохозяйственного производства.

Президиум факультета Сельскохозяйственной экономики и политики Тимирязевской сельскохозяйственной академии предложил мне попытаться соединить в один компактный курс учение о почве с вытекающими из этого учения для сельскохозяйственного производства организационными необходимостями. Это предложение возбудило во мне смелую надежду, что среди молодых сил, привлекаемых Академией, найдутся такие, которые не побоятся приложить некоторое количество творческой энергии к конкретизации общих идей организации произ-

водства на принципах, которые в одинаковой мере диктуются как природными особенностями его, так и новой социально-экономической обстановкой.

Одновременно мне хотелось выявить давно, по моему глубокому убеждению, назревшую необходимость перегруппировки и перераспределения фактического и теоретического материала, преподаваемого в специальных дисциплинах, обнимающих производственные задачи растениеводства.

В настоящее время в Академии предлагаются два основных курса, общее земледелие и частное земледелие. В этих двух курсах элементы земледелия и растениеводства переплетаются в самых сложных комбинациях и взаимно затрудняют свое правильное развитие.

Повидимому, более отвечающим интересам преподавания и в еще большей мере интересам научной разработки было бы распределение всего подлежащего материала по четырем курсам: общего земледелия, частного земледелия, общего растениеводства и частного растениеводства.

Объем и содержание курсов вытекает из названия их.

ВВЕДЕНИЕ

Связывание энергии солнечного луча как задача с/х производства. — Роль живых организмов в с/х производстве. — Отрасли растениеводства. — Особенности зеленых растений как средства производства и продукта сельского хозяйства. — Разрушение органического вещества как вторая задача с/х производства. — Животноводство как органическая составная часть с/х производства. — Земледелие как третий цех с/х производства и его задачи. — Факторы жизни растений как условия растениеводства. — Равнозначность или незаменимость факторов. — Сложность взаимозависимости биологических процессов и с/х производство. — Метафизический «закон» убывающего плодородия почвы. — Понижение урожайности как следствие непонимания взаимозависимости факторов. — Свет и тепло как космические факторы жизни растений. — Вода и пища как земные факторы жизни растений. —

Что такое плодородие почвы.

Сельское хозяйство как производство резко отличается от всех других производств как по характеру и свойствам своего продукта, так и по сложности и особенностям условий, в которых оно протекает.

Связывание энергии солнечного луча как задача с/х производства. Задача сельского хозяйства — снабжение человечества той формой энергии, развитие и затрата которой необходимы для всякого проявления его жизнедеятельности, в чем бы она ни выражалась.

Способность организованно накапливать и разумно расходовать энергию есть качественный признак человеческого общества. Процессы физиологические, проявления психической деятельности, физический труд, интеллектуальная деятельность и работа воображения и мысли — все, без всякого исключения, требует затраты энергии.

Сельское хозяйство — единственное производство, доставляющее человечеству безусловно необходимую ему и также безусловно ничем не заменимую энергию.

Наряду с этим сельское хозяйство доставляет человечеству ряд продуктов, назначение которых составляет уменьшение бесполезной, или непроизводительной, траты жизненной энергии — материалы для одежды и обуви, материал для построек и материал для топлива.

Продукты сельского хозяйства не могут долго сохраняться; они источник энергии не только для человека, но и для всех незеленых организмов, и поэтому эти продукты легко подвергаются уничтожению животными и порче бесчисленными, всюду нас окружающими микроорганизмами. Этого мало. Большая часть продуктов сельского хозяйства представляет или целые живые организмы, или живые части их; в них хотя и медленно, но протекают жизненные процессы. Это связано с неизбежной тратой или самого продукта, или его элементов. Срок сохранения пригодности пищевых продуктов в редких случаях превышает год. Поэтому ежегодно все колоссальное количество продуктов сельского хозяйства должно быть создано заново. Этим определяется еще свойство непрерывности производства.

Всеобщая потребность в органическом веществе как в источнике энергии определяет необходимость его легкой доступности для всех членов общества. В идеале источник энергии должен бы обладать той же степенью доступности, как и фактор, определяющий процесс освобождения ее в организме человека, — кислород воздуха. Разница лишь в том, что получение органического вещества требует приложения труда, — в нем воплощено определенное количество труда. Чем меньше будет количество труда, воплощенного в источнике энергии, тем легче станет его производство и тем доступнее станет и сам продукт. Очевидно, что в сельскохозяйственном производстве высокая производительность труда

представляет условие, стоящее на первом месте. В противном случае производство будет играть роль тормоза для темпа развития человеческого общества. Вместе с тем непрерывность роста численности населения и роста потребления требует непрерывного, прогрессивного роста продукции сельскохозяйственного производства. Осуществление всех этих условий есть качественный признак социалистической организации производства.

Таким образом определяются основные требования, предъявляемые к сельскому хозяйству. Оно должно давать избыточный продукт, оно должно обладать способностью прогрессивного развития, и применяемый в нем труд должен обладать максимальной производительностью.

Первичным материалом, из которого сельскохозяйственное производство готовит свой продукт, служит действительная (кинетическая) энергия солнечного света, которую зеленое растение преобразовывает в скрытую (потенциальную) энергию химического средства создаваемого им органического вещества.

В огромном количестве непрерывно притекает на земную поверхность кинетическая энергия в виде света, тепла, химической энергии и в других формах, еще недостаточно нами изученных, из источника, лежащего вне пределов нашего влияния — солнца, источника космического. Огромную работу непрерывно совершает притекающая кинетическая энергия солнечного луча, работу, которая прямо и косвенно используется сельскохозяйственным производством. Прямое ее использование происходит в преобразовании одной формы движения материи (света) в другую — органическое вещество. Косвенно — в использовании большого круговорота воды, определяющего условия синтеза органического вещества. И здесь мы вновь сталкиваемся с особенностью нашего производства. Его исходный материал одновременно служит и источником той энергии, которая приводит все производство в движение.

Мы еще далеки от возможности хотя бы приблизительного учета распределения всего количества притекающей энергии по этим двум статьям — продукт и работа. Но даже глазомерная оценка этого распределения в тех климатических поясах, где оно достигает, повидимому, наиболее благоприятных природных соотношений, открывает такие грандиозные перспективы, которые далеко превосходят даже самые смелые предположения.

Но кинетическая, действительная энергия солнечного луча не может быть непосредственно использована человеком. Перед сельскохозяйственным производством возникает его основная задача — обратить энергию солнечного луча в такую форму, которая позволила бы сохранять ее, запасать, направлять ее туда, где в ней возникает потребность, и расходовать ее в количестве, отвечающем действительной нужде.

Основную задачу сельскохозяйственного производства составляет преобразование кинетической энергии солнечного луча в энергию потенциальную.

В природе сохранение потенциальной энергии осуществляется очень многообразными путями. Для снабжения человеческого организма необходимой для проявления его жизнедеятельности потенциальной энергией пригодна лишь одна форма запаса ее — форма органического вещества. С этой точки зрения органическое вещество можно рассматривать как ряд простых минеральных соединений, содержащихся в одном сложном комплексе органического вещества определенным запасом химического средства.

Запас химического средства, соединяющего во всяком органическом веществе те простые минеральные соединения, из которых оно состоит, и представляет то количество потенциальной энергии, которое при распаде органического вещества на простые минеральные соединения выделяется в форме кинетической, действительной энергии.

Физико-химические процессы разрушения органического вещества в живом организме сочетаются таким образом, что часть освобождающейся энергии по совершении работы организма выделяется во внешнюю среду в форме тепловой энергии; другая часть этой энергии вновь обращается в форму потенциальной энергии органического вещества тела самого организма.

Организму нужны, кроме того, и те простые минеральные соединения, которые входят в состав нового, образуемого ими органического вещества его тела. Минеральные соединения, получающиеся от разрушения органического вещества в процессе получения из него организмом кинетической энергии, служат для этой цели. Органическое вещество служит одновременно и источником энергии и источником пищи для потребляющего его организма.

Процесс непосредственного преобразования кинетической энергии солнечного света в потенциальную энергию органического вещества, пригодного для снабжения человечества кинетической энергией и пищей, до настоящего времени выполняется только живыми организмами — зелеными растениями.

Того органического вещества, которое служит для концентрации в нем преобразованной энергии солнечного луча, не существовало как такового до его синтеза зелеными растениями. Оно заново создается в процессе сельскохозяйственного производства, как и в природных условиях.

Это давало повод иногда рассматривать сельское хозяйство как особую категорию промышленности — созидательной, наряду с категориями добывающей и обрабатывающей промышленности.

Наряду с продуктами, имеющими значение только в силу концентрированной в них энергии, каковы пищевые продукты и топливо, сельское хозяйство производит органическое вещество, ценное независимо от содержащейся в нем энергии. Таковы строительные материалы, материалы для одежды, обуви и другие подобные.

Роль живых организмов в их производстве. Существенное отличие сельского хозяйства от других производств то, что основой производства в нем *служат живые организмы*. Все производства, хотя бы они и приобрели в своем развитии большую самостоятельность, но основанные на использовании физиологической деятельности организмов, называются *сельскохозяйственными техническими производствами*. Таковы винокурение, пивоварение, первичная обработка лубяного волокна и т. д.

В сельскохозяйственном производстве основное значение принадлежит зеленым хлорофиллоносным растениям. В сельскохозяйственных технических производствах та же роль предоставляется животным и бесхлорофилльным растениям — бактериям и грибам.

Обе группы живых организмов объединяются одним общим существенным признаком.

Первичный материал, служащий им для выработки конечного продукта производства, служит для них одновременно и источником энергии — основанием их работы. Роль человека, регулирующего все производство, состоит в создании такой обстановки жизнедеятельности организмов, при которой продуктивность работы их была бы наибольшей.

Другими словами, необходимо во все время работы организма поддерживать такую комбинацию внешних условий его работы, при которой затрата им первичного материала на производство самой работы была бы наименьшей, а производство конечного продукта из остающегося первичного материала достигало бы возможно наибольшей величины.

Зеленые растения резко разделяются на три группы по продолжительности своей жизни, а следовательно, и по сроку своей службы в производстве, по истечении которого они должны быть целиком заменены новыми. Эти три группы носят в почвоведении название *растительных формаций*.

К первой группе относятся древеснистые растения, деревья и кустарники, продолжительность индивидуальной жизни которых измеряется многими годами, обыкновенно десятилетиями, часто столетиями, иногда тысячелетиями. Совокупность этих многолетних *деревянистых растений* носит название *деревянистой растительной формации*. Она в природе представлена лесами, зарослями кустарников и др.

Растения, слагающие две других группы, после своего ежегодного отмирания оставляют или только жизнеспособные плоды и семена, образующиеся на их

надземных частях, или образуют также и жизнеспособные почки или побеги на своих подземных органах. Вследствие этого при наступлении условий, благоприятных для развития, часть нового поколения растений второй группы развивается на той же площади, на которой развивалось предыдущее поколение, создавая, таким образом, впечатление многолетних растений. На самом же деле растения предыдущего поколения отмерли целиком, как их надземные органы, так и подземные; и новое поколение, развивающееся из зимующих почек, побегов, образует вновь и надземные органы, и новую корневую систему. Группу растений, размножающуюся ежегодно вновь и семенами, и подземными побегами, называют многолетними травянистыми растениями. Те растения этой второй группы, побеги которых отмирают лишь с наступлением зимы, слагают своей совокупностью *луговую растительную формацию*.

Наконец, третья группа растений отличается продолжительностью жизни, не превышающей одного летнего сезона. Независимо от того, началось ли развитие этих растений весной или предыдущей осенью, и независимо от того, образует ли оно зимующие подземные почки, побеги, — отмирание всей растительной массы, созданной растениями этой группы, происходит летом, до наступления периода осенних дождей или зимних холодов. Природное проявление этой группы растений мы встречаем, например, в закавказских и закаспийских степях. Совокупность этих растений получила название *степной растительной формации*.

Все без исключения однолетние культурные сельскохозяйственные растения — хлеба, однолетние кормовые, корнеплоды, клубнеплоды и технические растения — принадлежат к степной растительной формации.

Отрасли растениеводства. В соответствии с вышеизложенным и основной цех сельскохозяйственного производства, растениеводство, подразделяется на три раздела:

I. Лесоводство.

II. Луговое хозяйство.

III. Полеводство.

К первой группе относится также *садоводство* и к третьей — *овощеводство* и *цветоводство*, которые отличаются от основных категорий только количеством труда, вкладываемого в производство.

В настоящем курсе мы не можем ограничивать изучение вопросов земледелия одной областью полеводства.

В сельскохозяйственном производстве вопросы культуры поля, луга, леса, сада и огорода сливаются в такое нераздельное целое, что выделить рассмотрение вопросов какой-нибудь одной отрасли можно только совершенно искусственно и с неизбежной утратой той диалектической взаимосвязи, которой эти отрасли связаны в стройном организационном целом планового социалистического народного хозяйства. Мы увидим в дальнейшем, что организационная связь отдельных отраслей сельскохозяйственного производства имеет под собой глубокое техническое обоснование. Это последнее покоится, в свою очередь, на природных особенностях и свойствах тех организмов, которые играют огромную роль в производстве. Так как свойства организмов определяются биологическими закономерностями их отношений к внешней среде и изменчивостью этих отношений (пластичностью организмов), то в конечном счете и организационная увязка всех отраслей сельскохозяйственного производства должна быть основана как на этих закономерностях, так и на учете тех изменений, которые мы в состоянии произвести в них.

Основной материал сельскохозяйственного производства — энергия солнечного луча — обладает особенностями, которые накладывают неизбежный отпечаток на самое производство. В зависимости от космических причин, его приток к месту потребления в производстве отличается *изменчивостью двух порядков*. Эти изменения отличаются правильной, закономерной ритмичностью или в порядке суточных колебаний, или в порядке годовых изменений.

Культурные растения путем многовекового природного отбора уже приспособлены к правильности изменений напряжения притока кинетической энергии.

Но эта приспособленность растений не освобождает сельское хозяйство от необходимости учета колебаний притока энергии при создании тех условий, в которых должна протекать работа растений и которые в частности создают рабочий период производства и определяют разнообразные циклы и стадии развития растений и его фазы.

При отсутствии системы мер, регулирующих приток других условий, необходимых для производительной работы растений при изменяющемся притоке основного материала — солнечной энергии, в производстве может наступить такой момент, когда из-за недостатка притока простых минеральных соединений, необходимых для синтеза органического вещества, приток кинетической энергии в единицу времени будет превышать то количество ее, которое могло бы быть обращено растением в потенциальную энергию органического вещества. Избыток солнечной энергии будет без пользы рассеиваться в пространстве, прирост органического вещества прекратится, и растения будут испарять воду в работе на холостом ходу, впустую.

Другой, также существенный, признак основного материала сельского хозяйства состоит в том, что энергия солнечного луча притекает равномерно ко всей освещаемой площади и не может быть сосредоточена в определенных ограниченных пунктах.

Результат этой особенности тот, что производство должно простирается по всей территории страны, которая должна быть покрыта зелеными растениями. В самом производстве вопросы расстояния, а следовательно, и вопросы транспорта должны играть важнейшую роль.

Особенности зеленых растений как средства производства и продукта сельского хозяйства. Зеленое растение отличается многими особенностями. Оно создается в процессе самого производства и из того же основного материала и представляет одновременно как средство производства, так и его продукт.

Энергия, необходимая для работы зеленых растений, черпается из того же единственного источника — солнечного луча. Рабочий орган зеленого растения — его зеленая поверхность — служит только один год; лишь у немногих растений, так называемых вечнозеленых, — от двух до восьми лет. После этого срока она приходит в негодность, отмирает. В большинстве случаев отмирает все растение.

Лишь в редких случаях половина, обыкновенно же не больше одной четвертой части всего созданного растением органического вещества может служить непосредственно как источник энергии и питания для человека или служить в качестве сырья в технических производствах. Остальная половина или три четверти не могут служить для этих целей и или представляют так называемый *побочный продукт*, или накаплиются в производстве в качестве отходов, или того, что раньше называлось *нерыночными продуктами* — соломы, мякны, ботвы, пней, костришки, сорняков, пожнивных остатков и т. д. Эти неизбежные продукты мы, чисто в отличие от капиталистического производства, будем называть *неплановыми*, *побочными* продуктами. Сюда же должны быть отнесены и корни растений, остающиеся после уборки в почве. Все это количество непосредственно бесполезного материала состоит из органического вещества. В нем связано в потенциальной форме огромное количество солнечной энергии, и ясно, что его неизбежное накопление в сильной степени понижает полезную производительность всего производства.

Но этого мало. Органическое вещество, служащее в сельскохозяйственном производстве для накопления в удобоусвояемой форме потенциальной энергии, состоит из небольшого числа биологически важных химических элементов, дающих в известных сочетаниях те простые минеральные соединения, которые содержатся в одном сложном комплексе органического вещества потенциальной энергией химического сродства. *Главные из этих элементов суть: углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, сера, кальций, магний и железо.*

Разрушение органического вещества как вторая задача его производства. Отличительная черта большинства элементов, из которых состоит органическое вещество, та, что все эти элементы, за немногими исключениями, представляют

лишь очень малую долю веса земной коры, считая всю атмосферу, гидросферу и верхние горизонты литосферы до той глубины, на которую она исследована.

По расчетам Кларка и Вашингтона, углерод представляет 0,4% этого веса, водород 1%, азот 0,04%, фосфор 0,00000015%, калий 2,27%, сера 0,15%, кальций 3,20%, магний 2,07%, железо 4,16%, и только кислород представлен 49,66%.

В противоположность этим биологически важным элементам, элементы, играющие главную роль в геологической жизни нашей планеты, представлены на земной коре в огромных количествах: так, кремний составляет 25,69% веса земной коры, кислород 49,66%, алюминий 7,27%, кальций 3,20%.

Эти числа, установленные с большой точностью геологией, ярко иллюстрируют, каким ничтожным ~~налетом~~ на поверхности земного шара лежит вся его биологическая жизнь, представляющаяся такой грандиозной по сравнению с нашим человеческим масштабом. Но рядом с этим совершенно очевидно выступает и то, что если ежегодно половина всего созданного зелеными растениями органического вещества будет оставаться неразрушенным вследствие его непригодности служить пищей человечеству, то в очень короткий срок весь углерод, азот, сера, фосфор будут переведены в форму органического вещества, не пригодного как пища для зеленых растений.

Тогда наступит время, когда культурные зеленые растения не будут в состоянии усваивать кинетической энергии солнечного луча вследствие недостатка минеральных соединений хотя бы одного элемента, безусловно необходимого для построения органического вещества — носителя запаса потенциальной энергии.

Таким образом ясно выступает вторая задача сельскохозяйственного производства.

Производственной задачей сельского хозяйства мы поставили преобразование кинетической энергии солнечного луча в потенциальную энергию химического средства. Для выполнения этой задачи в сельскохозяйственном производстве выступает первый момент ее — создание органического вещества. Одновременно возникает противоположный, второй момент задачи — *разрушение мертвого органического вещества* отработавших «машин» сельского хозяйства, отбросов растениеводства, его *побочных продуктов*. Этот второй момент задачи сельского хозяйства по своему значению совершенно *равнозначен* первому, так как невыполнение его делает невозможным выполнение и первого момента задачи.

Задача разрушения органического вещества побочных продуктов, в свою очередь, распадается на две самостоятельные и строго равнозначимые части в зависимости от места накопления отработавшего органического вещества. Оно может накапливаться *на поверхности почвы*, или оно может отлагаться *в массе почвы*. В первом случае мы имеем дело с соломой, мякиной, травой, ботвой; во втором случае мы говорим о *пожнивных остатках* — жнивье и корнях, остающихся в почве.

Разрушение органического вещества, или, как обычно это обозначают, *минерализация его элементов*, может быть осуществлено целесообразным путем только при посредстве *гетеротрофных, незеленых, бесхлорофильных организмов*.

Самым простым способом минерализации отбросов растениеводства было бы простое их сжигание. И действительно, на практике часто прибегают к этому способу, сжигая на корню в поле жнивье или применяя отбросы полеводства в качестве топлива. Но при таком способе потенциальная энергия органического вещества или совершенно бесполезно рассеивается в пространстве, или превращается в теплоту — наименее ценную форму кинетической энергии. Кроме того, при этом практически наиболее ценный элемент органического вещества, азот, *рассеивается в атмосфере*, а не возвращается в почву. Обыкновенно принято оправдывать такой способ экономическими условиями, которые определяют неприменимость других способов использования побочных продуктов растениеводства.

Мы увидим в дальнейшем, что причина применения этого способа лежит в *технических принципах капиталистического хозяйства и в отсутствии органи-*

зованности производства. Как легко устранимый, такой прием совершенно не терпим при социалистической, *плановой, организации народного хозяйства.*

В наиболее очевидной форме мы сталкиваемся с необходимостью разрушения неплановых, побочных продуктов сельскохозяйственного производства тогда, когда имеем дело с продуктами его, скопляющимися на поверхности почвы, — с соломой, мякиной, ботвой и т. п.

Эти отбросы состоят из одревесневшей клетчатки; белковые вещества, содержащиеся в них в ничтожном количестве, заключены внутри одревесневших клеточных оболочек. Одревесневшая клетчатка может быть преобразована в другие формы органического вещества только низшими незелеными организмами — бактериями, грибами и, повидимому, инфузориями. Высшие незеленые организмы, животные, могут самостоятельно преобразовать энергию безазотного органического вещества только в тепловую, или термическую, энергию. Необходимую им динамическую энергию высшие животные могут самостоятельно получить, только разрушая азотсодержащие органические вещества.

Животноводство как органическая составная часть *сх* производства. Если отбросы полеводства не могут быть в достаточной мере оплачены как сырье в другом производстве, например, в бумажном, или не могут быть производительно использованы как топливо, то наиболее рациональным способом использования этой массы органического вещества, не годного для непосредственного питания человечества, будет *обращение его в другие формы органического вещества*, пригодные для продовольствия в непосредственном виде или в переработанном пищевой промышленностью состоянии. Это обращение в другие формы пищевого органического вещества осуществляется при посредстве *животных организмов*. При посредстве их солома, мякина, ботва и другие отбросы полеводства обращаются в молоко, мясо, жир, шерсть, кожу и другие продукты животноводства, и кроме того, производство попутно получает рабочую силу, без известной доли участия которой невозможна правильная организация производства, даже при наибольшей степени его механизации.

Животноводство, по существу, представляет сельскохозяйственное техническое производство, которое настолько неразрывно связано с основным производством — растениеводством, что рациональная организация последнего без участия животноводства неосуществима ни с технической, ни с экономической, ни тем более с плановой народнохозяйственной стороны.

Не всякого рода скот может быть использован для этой цели. Только жвачные, например крупный и мелкий рогатый скот, обладающие сложным желудком, пищеварение которых совершается при содействии бактерий, грибов и инфузорий, могут служить для этой цели. Лошади, ослы, мулы, свиньи и птица, как обладающие простым пищеварением, могут питаться только концентрированными продуктами или отходами полеводства, богатыми азотистым органическим веществом.

Азота, серы, фосфора и извести, без которых не могут быть синтезированы белки продуктов животноводства, в грубых кормах слишком мало для того, чтобы эти корма одни могли служить основой производительного цеха. Поэтому организация продуктивного животноводства требует участия концентрированных кормов в кормовой даче. Но при отсутствии кормления травой или *зеленым сеном* скот страдает от авитаминоза (отсутствия витаминов), и продуктивность его сильно падает, а следовательно, и производительность труда не только в цехе животноводства, но и в растениеводстве не может быть большой. Поэтому неотделимый элемент сельского хозяйства представляет его *кормовая база*.

Животноводство в наиболее сильной степени, чем все другие сельскохозяйственные производства, несет в себе признаки основного производства, и животноводство в этом смысле подобно растениеводству. Его первичный материал служит не только для получения его конечного продукта, но вместе с тем одновременно служит и источником энергии, при посредстве которой функционируют животные организмы.

Рядом с этим, как и в основном производстве, рабочая «машина» животноводства составляет одновременно и его продукт. Кроме того, животные перера-

бывают в продукт только 25% материала, остальные 75% переходят в отброс, углекислоту, воду и главным образом в навоз.

Навоз содержит все элементы пищи растений, особенно большое количество практически наиболее ценного азота. Главная же масса навоза состоит из органического вещества. Скопление органического вещества связано с изъятием из производства соответствующего количества пищи растений.

Земледелие как третий цех его производства и его задачи. В форме органического вещества элементы пищи не усваиваются зелеными растениями. Органическое вещество должно быть разрушено до простых минеральных соединений. Задача разрушения органического вещества передается третьему цеху сельскохозяйственного производства — *земледелию*. На него же возлагается и разрушение пожнивных остатков, которые не могут быть использованы животноводством. Живые «машин» цеха земледелия, микроорганизмы почвы, разрушают органическое вещество, накапливающееся в почве, и переводят его элементы в минеральные усвояемые формы пищи растений.

В то же время живые «машин» цеха земледелия выполняют и другую важнейшую задачу.

Еще ярче выявляется неразрывность животноводства с полеводством при анализе условий разрушения той части органического вещества, которая ежегодно создается зелеными растениями и остается в массе почвы в виде пожнивных остатков.

Все однолетние растения полевой культуры принадлежат к степной растительной формации. *Существенное свойство растений этой группы то, что мертвое органическое вещество, остающееся в почве после отмирания этих растений, разрушается микроорганизмами почвы очень быстро и полно.* Все элементы этого органического вещества минерализуются в срок не больше двух декад и переходят в форму минеральных окисленных соединений. Эта форма минеральных соединений как раз отвечает требованиям однолетних культурных растений к состоянию необходимой им пищи. Из предыдущего видно, что пища растений должна быть в формах простых минеральных соединений.

Кроме того, так как процесс синтеза первоначального растительного вещества представляет процесс восстановительный, то ясно, что пища должна быть в почве в виде окисленных соединений. И ради образования этой формы пищи растений нам приходится в течение всего периода роста растений заботиться о поддержании почвы в рыхлом состоянии. Но при рыхлом состоянии почвы микроорганизмы разрушают как пожвные остатки, так и почвенный перегной.

С разрушением перегноя почва утрачивает свое культурное состояние, свою комковатую структуру. Почва, утратившая комковатую структуру, не в состоянии обеспечить большого и прочного запаса воды. В такой почве осенью, весной и в периоды длительных дождей устанавливается нисходящий ток воды.

Вследствие того, что в почвенной воде, содержащей в растворе углекислоту, легко растворимы все минеральные окисленные соединения элементов пищи растений, происходит их вымывание, так как почвенная вода на бесструктурных почвах особенно богата растворенной угольной кислотой. Кроме того, в условиях нисходящего тока воды, отрезающего доступ воздуха в почву, часть пищи растений переходит в форму неусвояемых растениями, восстановленных соединений.

Таким образом урожай становятся не только неверными, но и начинают падать вследствие абсолютного и относительного недостатка элементов пищи растений в почве.

Борьба с этими явлениями, задача урожаям устойчивости и непрерывности их повышения возможна только путем придания почве культурного состояния, т. е. *прочной комковатой структуры*. Достигнуть этого можно только путем накопления в почве деятельного перегноя.

Накопление деятельного перегноя, необходимого для обеспечения прочности или устойчивости высоких урожаев, осуществимо в условиях сельскохозяйственного производства только при посредстве *культуры на полях растений луговой растительной формации*. Только эти растения способны создать в почве запас

органического вещества в такой обстановке, при которой немедленное его разрушение микрофлорой почвы. неосуществимо.

Только этим путем возможно образовать в почве деятельный перегной, от содержания которого зависит культурное состояние почвы. От последнего же зависит не только высота урожая, но как устойчивость этой высоты, так и непрерывность роста урожая.

Устойчивое и непрерывное повышение сельскохозяйственной продукции — самый основной, самый главный, центральный вопрос сельскохозяйственного производства.

Эта задача, задача закрепления непрерывности подъема сельскохозяйственной продукции или создания и непрерывного повышения условий плодородия почвы, и представляет существенный признак, отличающий плановое, социалистическое народное хозяйство от отживающего капиталистического.

Последнее и не может даже носить название народного хозяйства в прямом смысле слова. В нем перспективные задачи хозяйства и интересы непосредственных производителей всегда приносились в жертву временным интересам группы капиталистов, и вопросы стабилизации плодородия почвы играли скорее отрицательную роль.

Необходимость введения в полевую культуру растений луговой растительной формации еще более упрочивает органическую связь растениеводства и животноводства. Растения луговой растительной формации, исполняя свое прямое назначение поддержания культурного состояния почвы, накапливают в хозяйстве массу кормового продукта — сена. Обращение его в пищевые продукты и промышленное сырье возможно только в организационной увязке растениеводства с продуктивным животноводством.

Обобществление средств производства представляет тот исходный пункт, который начинается путь к установлению основного, существенного признака социалистического народного хозяйства, его плановости.

Тот же центральный вопрос стабилизации плодородия почвы, вопрос, исчерпывающий задачи земледелия, находится в теснейшей неразрывной связи с необходимостью обобществления средств сельскохозяйственного производства.

По существу, вопрос экономической политики, планирование, распадается на два момента. В отношении сельского хозяйства первый устанавливает в плановой перспективе заданную общим народнохозяйственным планом величину продукции, согласованную с природными условиями и возможностью необходимых их изменений, а также и способы осуществления всех *технических* мероприятий производства при наличном уровне производительных сил общества. Второй момент задачи — *экономическая* плановая увязка всех технических мероприятий производства.

При отсутствии обобществленного хозяйства единоличные бедняцко-средняцкие хозяйства почти не в состоянии были подняться выше уровня потребительского хозяйства, производящего во что бы то ни стало все продукты первой необходимости. Один из основных факторов производства, влияние рельефа, играл при таком использовании территории роль только в смысле отрицательного фактора, вызывавшего ряд отрицательных моментов — чересполосицу, дальнотемелье, длинноземелье, многочисленность участков и т. д. Между тем тот же рельеф при обобществленном хозяйстве играет роль могучего положительного фактора, стимулирующего товарность хозяйства.

Все затронутые в предыдущих строках стороны сельскохозяйственного производства имеют чрезвычайное значение. Особенно большое значение приобретают все эти стороны при социалистическом строе. Ясно, что понятие о плане неразрывно связано с понятием о прочности этого плана, о его твердом обосновании и возможности не только его ближайшего выполнения, но и дальнейшего прогрессивного развития. Он должен быть перспективным. Само понятие о прогрессивности развития народного хозяйства, составляющей неотъемлемый признак социализма, логически приводит к понятию о перспективности.

В капиталистическом хозяйстве выработался и особенный метод исследования всех явлений капитализма. Этот метод статистический, который лег в основу всех разделов буржуазных экономических наук. Но применением этого метода можно учесть только статическую действительность, и из сопоставления данных ряда лет можно сделать лишь выводы об известных закономерностях изменения этой действительности в прошлом.

Каждый из элементов, представлявших переменные величины в ряде того числового материала, который подвергался ежегодной тщательной обработке и проверке, представляет функцию взаимодействия ряда переменных, из которых немногие подвергаются учету и количественной оценке. Большинство этих переменных, аргументов, или не поддается, или не подвергается, или не подвергалось регистрации. Кроме того, большинство переменных, аргументов, подвергается количественным изменениям под влиянием изменения величин их взаимных функций.

Наконец, каждый из элементов, учитываемых статистическим путем или путем так называемых бюджетных исследований, изменялся в совершенно непредвидимом направлении под влиянием изменений катастрофического порядка, неизменных спутников капиталистического хозяйства. Эти изменения, происходящие в хаотическом беспорядке, не поддавались систематическому учету и регистрации, и учесть их влияние на изменение величины регистрируемого фактора не представлялось возможным.

По этим причинам большинство выводов о причинных зависимостях между процессами, на основании анализа данных регистрации их количественного выражения в прошлом, неминуемо должно носить интуитивный характер, заключая в себе все признаки экстраполяции.

Данные статистического обследования, не преуменьшая их значения и необходимости учета и не умаляя их достоинства в смысле их достоверности и точности, могут дать только точную картину состояния народного хозяйства в его статическом разрезе в момент обследования или картину его фактических изменений в прошлом.

Но для реализации всех преимуществ, заложенных в обобществленном сельскохозяйственном производстве, необходимо план построить на прочном фундаменте истинного знания, вся система которого коренным образом отличается от той, которая господствует в капиталистическом обществе.

Прежняя метафизическая система знаний была основана на *формальных признаках* явлений и если и отваживалась на вылазки в историю развития изучаемых процессов, то лишь с целью найти в ней формальные примеры для своего основного лозунга «так было — так будет»¹.

Истинная наука, основанная на изучении *существенных свойств* процессов, обращается к прошедшему лишь с целью изучения развития процесса в исторической его перспективе. Такая наука подвергалась гонению и в капиталистических странах подвергается ему до сих пор, как объективно подрывающая в своих выводах основы капиталистического строя, и развитие ее терпелось только в тех ветвях знания, где она, повидимому, была безопасна и где капитализм мог извлечь из нее пользу.

Но как только диалектический метод проникал в область социальных отношений, или в биологию, или в область сельского хозяйства, он подвергался гонению. Уже очень ярко вскрывал этот метод несостоятельность формальной системы науки и ярко выставял не только отрицательные стороны классового строя, но и всю чудовищность системы эксплуатации.

Не следует, однако, думать, что все представители метафизической системы наук сознательно были защитниками капиталистического строя. Большинство просто не знало и не понимало, по существу, разницы между формальной метафизической системой науки и диалектической системой науки.

¹ Разоблаченные партией большевиков в СССР и разбитые теперь, различные группы вредителей показали истинные контрреволюционные побуждения создания всяких ложнонаучных теорий в сельском хозяйстве и агрономии.

Первая система просто *описывает* данное явление и непосредственно связывает описываемое явление в порядке причинной зависимости с условиями среды, в которой оно существует. При такого рода сопоставлении эта система пользуется приемами точных наук — методами количественных измерений и основными законами логического мышления. Формальные признаки науки налицо. Но такая система принимает исследуемое явление как нечто постоянное, константное, неизменяющееся во времени и существующее в условиях среды, таких же константных, неизменных. Она изучает только *статический момент существования явления в данное время* и сопоставляет признаки, присущие явлению в данный момент, с условиями среды, в которой оно осуществляется, взятыми также в *статическом разрезе данного момента*.

Описания такой научной системы будут достоверны, поскольку точны методы количественного измерения и учета, которыми она пользуется. Но *сделать какие бы то ни было выводы о дальнейшем ходе развития процесса, на основании подобного описания статического момента его, нельзя*. Всякий вывод будет интуитивен. Такая система науки может в конечном результате создать только более или менее верное изображение состояния явления в наличных стационарных условиях окружающей среды. Такой результат будет в значительной степени произведением искусства, и сама система может быть названа только искусством. И выводы, которые будут сделаны из обозрения такого произведения, целиком зависят от субъективных свойств обозревающего, и лишь при случайных условиях может осуществиться логическая связь этих выводов с обозреваемым производством.

Иначе подходит к изучению явления система диалектической науки. Она изучает и исследует не только само явление, а и *динамику процесса его развития*. Она изучает *переход накаплиющихся, часто ничтожных количественных изменений в качественные различия*. Она изучает те свойства, количественное изменение которых логически неизбежно должно привести к обособлению в окружающей среде процессов нового порядка. Система диалектической науки изучает *существенные свойства процессов и среды, в которой они существуют как неразрывный элемент той же среды, в процессе их зарождения, развития и затухания*, следствия их перехода в другое существенное свойство другого процесса и другой среды, развившихся эволюционно из предшествовавших им. Эта система изучает не только состояние описываемого явления, но главным образом процесс его развития под воздействием борьбы его внутренних противоречий. В этом изучении процесса развития явления диалектический метод не ограничивается только изучением эволюции самого явления, но изучает также и *процесс эволюции условий среды, в которой развивается явление*. Эти два порядка изменений находятся в тесной *причинной взаимозависимости*. Они *взаимно определяют направление хода процессов изменений как явления, так и свойства среды, его окружающей*, ибо само явление составляет неразрывный элемент среды. Разрыв между понятиями об явлении и о среде представляет искусственный механистический результат приложения формальной метафизической логики.

Пользуясь могучей помощью приема *сравнительного изучения*, путь диалектического исследования выявляет весь комплекс *динамики развития существенных свойств природного процесса*, им изучаемого. Поэтому материалистическая диалектика может представить точный количественный отчет о состоянии процесса во взаимозависимости с состоянием развития условий среды в каждый промежуток времени. Другими словами, только диалектический метод обладает возможностью *научного предвидения и предсказания*.

Всякое производство основывается на различии существенных свойств тех порядков объектов, которые составляют его исходный материал и конечный продукт. Оно, регулируя условия среды, в которых протекает процесс производства, придает исходному материалу новые существенные свойства конечного продукта, функции изменения существенных свойств исходного материала. Все народное хозяйство представляет комплекс взаимно согласованных и урегулированных производств. Перспективная плановость взаимной увязки этих производств

может быть осуществлена только путем диалектического их изучения. Только оно обладает возможностью научного предвидения и предсказания.

Только диалектическим методом можно создать реальную, а не утопическую перспективу.

Социалистическое государство по самому существу своему требует динамического и перспективного подхода к разрешению труднейших задач народного хозяйства, которые только в нем в первый раз выдвигаются.

Факторы жизни растений как условия растениеводства. В предыдущем изложении мы могли обрисовать только задачи растениеводства и животноводства, составляющие два элемента тройного комплекса, *«растениеводство, животноводство, земледелие»*, слагающие центральное ядро целостного сельскохозяйственного производства.

Для того чтобы очертить задачи земледелия, необходимо несколько углубиться в основные закономерности, определяющие соотношения различных элементов производства.

Мы в предыдущем видели чрезвычайную сложность взаимоотношений основных элементов производства, которая скрывается за кажущейся примитивной его простотой. Эта сложность так велика, что и в настоящее время мы еще не можем говорить о том, что все многообразие этих взаимоотношений нами вскрыто и сведено к немногим закономерностям. Нет поэтому ничего удивительного, что, несмотря на многотысячелетний возраст сельскохозяйственного производства, буржуазной науке только в конце прошлого столетия удалось достигнуть своеобразного обоснования формулировки основных положений, на которых она базировала все капиталистическое производство. Эти положения до сих пор трактовались буржуазной наукой как *«основные законы земледелия»*. К сожалению, даже в СССР находятся еще «ученые», которые и до сих пор продолжают рассматривать эти «законы» в том же аспекте. Анализ содержания этих «законов» показывает, что они представляют или просто конкретное выражение механистического понимания биологических явлений, или частные случаи более общих отвлеченных числовых *математических закономерностей*.

Для преобразования кинетической энергии солнечного луча в потенциальную энергию химического сродства органического вещества сельское хозяйство использует зеленые растения.

Ясно, что продуктивность производства будет зависеть от производительности работы этих растений. *Условия, определяющие производительность работы культурных растений, и исчерпывают содержание действительных основных законов растениеводства.*

Жизнедеятельность, работа зеленых растений осуществима только при *одновременном и совместном* наличии определенных условий. Эти условия обыкновенно разделяют на две категории: условия или *факторы земные* и *факторы космические*. В эти две категории укладываются четыре группы факторов жизни или условий жизни зеленых культурных растений: это *свет* и *тепло* — два космических фактора, *вода* и *элементы пищи* — две группы земных факторов.

Свойства продукта сельского хозяйства, потенциальной энергии, требуют и соответствующего первичного материала — сырья. Таковым может быть только энергия противоположного порядка, кинетическая энергия солнца — свет.

Задача сельского хозяйства — преобразование кинетической энергии солнечного света в потенциальную энергию органического вещества пищи — может быть выполнена только живыми растениями. *Сущность работы зеленых растений заключается в воплощении преобразованной кинетической энергии в форму потенциальной энергии химического сродства синтезируемого или органического вещества.*

Реакция синтеза безазотного органического вещества эндотермическая, т. е. требует поглощения тепла для своего осуществления. Энергия, необходимая для этой работы зеленых растений, притекает одновременно со светом в солнечных лучах. Таким образом эти два элемента *космического* происхождения представляют два фактора *безусловной* и совершенно *равнозначимой* необходимости для

работы зеленых растений, для их жизни и, следовательно, для производства. *Свет — его первичный материал; тепло — его рабочая энергия.*

Вещество, из которого состоит первичный рабочий элемент зеленого растения, хлорофилловое зерно, или хлоропласт, представляет азотсодержащее органическое вещество. Оно в состоянии синтезировать только безазотное органическое вещество.

Наряду с хлоропластами во всякой зеленой клетке присутствуют рабочие элементы другого порядка — лейкопласты. Лейкопласты обладают способностью преобразовывать безазотное органическое вещество, синтезированное хлоропластами, в азотсодержащее органическое вещество. Это преобразование совершается путем уплотнения части молекул безазотного органического вещества, перегруппировки атомов другой части их и одновременного присоединения к новой сложной молекуле минеральных соединений азота и молекулярного азота и в некоторых случаях минеральных соединений серы и фосфора.

Лейкопласты, как не обладающие пигментом для поглощения кинетической энергии солнца, черпают необходимую для их работы энергию из разрушенной путем дыхания части органического вещества, созданного хлоропластами, и используют для своей работы освобождающуюся при этом энергию. По совершении работы хлоропласта и лейкопласта энергия, освобожденная при разрушении безазотного органического вещества лейкопластом, и та, которую поглотил хлоропласт из солнечного луча в качестве рабочей энергии, рассеивается в пространстве и беспрерывно стремится повысить температуру растения. Но всякий организм может работать в сравнительно узких границах условий температуры и давления (термодинамических). Для поддержания равномерности тепловых условий и происходит беспрерывное испарение воды с рабочей поверхности растения, которая всегда одновременно представляет и испаряющую (транспирационную) поверхность. Беспрерывный ток воды одновременно приносит из почвы к зеленой рабочей поверхности и минеральные соединения азота и такие же соединения зольных элементов органического вещества.

Тот же ток воды при посредстве растворенных в ней солей служит для регуляции условий давления (динамических) работы растения.

Ясно, что и вода представляет такой же, безусловно необходимый для жизни растения фактор, как свет и тепло.

Сложный фактор, пища зеленых растений, должен быть представлен, по крайней мере, десятью элементами: *углеродом, кислородом, водородом, азотом, фосфором, серой, калием, кальцием, магнием и железом.* Каждый из этих элементов должен быть в наличии в форме соединений строго определенного характера. Только дыхательный кислород в состоянии свободного молекулярного кислорода должен быть налицо для всех без исключения зеленых растений. Остальная часть *кислорода пищевого* должна входить в состав кислородных соединений других элементов пищи. Азот только для бобовых растений может быть в наличии в состоянии *свободного молекулярного азота*. Все другие культурные растения в нормальных условиях требуют *кислородных соединений азота*. Углерод должен быть представлен *свободной углекислотой*. Водород должен быть в распоряжении растений в форме воды. Фосфор и сера могут служить пищей растений лишь в тех случаях, когда они входят в состав *окисных солей своих кислородных кислот* — фосфорной и серной. Калий, кальций, магний и железо могут служить пищей для растений, повидимому, только в форме *окисных солей фосфорной, серной и азотной кислот*.

Все попытки заменить эти элементы даже наиболее между собой близкими, например калий — натрием, кальций — магнием, магний — кальцием, всегда практически приводили к отрицательным результатам.

Равнозначимость, или незаменимость, факторов. Закон незаменимости факторов жизни растений надо считать твердо установленным. Обыкновенно он формулируется так:

I. Ни один из факторов жизни растений не может быть заменен никаким другим.

Эта формула может быть выражена и иначе, без ущерба для ее смысла, но с более детальной характеристикой его:

Растения для своей жизни требуют одновременного и совместного наличия или такого же притока всех без исключения условий или факторов своей жизни.

Второй закон — простое логическое следствие первого и по своей очевидности носит характер аксиомы:

II. Все факторы жизни растений безусловно равнозначимы.

Теоретически между факторами нет ни более, ни менее важных, независимо от количественной потребности в них растений. Растение может требовать ничтожные следы вещества, как это имеет место по отношению к железу, но если этих ничтожных следов нет в наличии, жизнь растения прекращается совершенно так же, как и в том случае, когда отсутствует наличие фактора, потребляемого растением в неизмеримо большем количестве, например воды, света, углекислоты, кислорода.

В практике производства закон равнозначимости приобретает *относительное значение* вследствие той или иной степени трудности фактического удовлетворения потребности растений. Например, потребность растений в воде удовлетворяется с гораздо большим трудом, чем потребность в кальции или железе. Это зависит от величины потребности растений, которая для воды неизмеримо больше, чем для кальция. Недостаток кальция легко пополняется вследствие его сравнительно небольшой потребности для растений и большой распространенности на земной поверхности, а следовательно, и дешевизны его. Что касается потребности в железе, то величина ее так ничтожна, а распространенность железа на земной поверхности так велика, что в практике сельского хозяйства недостаток железа как пищи растений встречается как исключительная редкость и зарегистрирован, повидимому, только в практике садоводства.

Как ни просты и очевидны два первых «закона» земледелия, но они, особенно закон незаменимости, с большим трудом укладываются в сознании. До сих пор еще не угасли мечты о каком-то таком средстве, которое может помочь во всех случаях, и по большей части стремятся видеть такое средство или в каком-либо искусственном удобрении, или в каком-либо улучшенном сорте семян.

Мы еще не имеем в распоряжении достаточного материала, чтобы подвергнуть эти надежды критическому разбору, и ограничимся лишь общими замечаниями. Как в медицине и гигиене мы имеем дело с живым организмом и его жизненными, функциональными отправлениями, так и в сельском хозяйстве мы также направляем функциональные отправления живых организмов — зеленых растений, животных и низших организмов — сообразно требованиям и задачам производства.

Сложность взаимозависимости биологических процессов и их производство. Функциональные отправления организма, безразлично какого, протекают не только под влиянием термодинамических условий среды, окружающей его в момент наблюдения. Они зависят, кроме того, и от колебаний количественного, одновременного и совместного притока к нему основных факторов его жизни. Сам организм непрерывно подвергается изменениям под влиянием возраста. *Эти изменения, по существу непрерывные, ничтожные, количественные изменения, быстро приводят к глубоким качественным различиям, которые мы и воспринимаем как изменения возраста.* Возрастные изменения организма глубоко влияют на количественные отношения организма к условиям его жизни.

Количественные взаимодействия между организмом и факторами его жизни также быстро приводят к глубоким качественным различиям в условиях среды его развития. Количественные изменения одного фактора неизбежно влекут за собой не только количественные изменения всех других факторов, но и изменения отношения к ним организма.

Организмы одной категории, зеленые растения, находятся в теснейшей зависимости от развития ряда организмов других категорий — бактерий, грибов, животных. Эти организмы предъявляют к условиям среды одновременно *однород-*

ные (вода, пища и др.) и противоположные (пища органическая и минеральная) требования. В свою очередь, они влияют в подобных же направлениях на среду, производя в ней мелкие количественные изменения, которые незамедлительно создают глубокие качественные различия в самой среде и в ее влиянии на количественное наличие условий жизни организмов всех категорий.

Создаются условия *совместного существования* нескольких категорий организмов, условия их *симбиоза*, в которых мы еще только начинаем разбираться.

На первый взгляд представляется чрезвычайно трудным разобраться в сложном комплексе этих динамических взаимоотношений. На самом же деле, задача представится довольно легкой, если раз навсегда отрешиться от метафизического представления о *незыблемости и неизменности условий среды*, в которой совершается процесс, и от представления о неизменяемости окружающих нас природных тел и процессов.

На всякое природное тело, наблюдаемое нами в данный момент, следует смотреть, как на статический момент процесса развития соответствующего явления.

Все свойства, все признаки всякого явления и тела находятся в процессе непрерывного изменения, и задача науки выяснить направление каждого из этих изменений и темп, с которым они совершаются.

Только такое диалектическое отношение к динамическим явлениям, нас окружающим, даст возможность предвидения — признака науки.

Морфологическое описание, которое часто выдается за науку, *признаков науки не содержит*, так как оно не дает никакого понятия о процессе развития, направлении его и скорости, и ко всякой попытке предвидения на основании такого статического описания нельзя отнестись иначе, как к покушению с негодными средствами.

Сказанное в равной и полной мере относится ко всем отраслям знания, охватывающим широкую область сельскохозяйственного производства. Совершенно так же, как ничего не дает морфологическое описание почвы, так ничего не дает и описание приемов хозяйства, и описание пород скота, и описание бюджета хозяйства. Хотя бы эти описания и отличались скрупулезной точностью, они не дают представления о динамике процесса производства. Столь же далеки от науки и попытки приложения элементов формального логического анализа к выяснению причинной зависимости между сложными процессами производства и каким-нибудь одним элементом окружающей среды.

К таким попыткам относятся, например, старания объяснить процесс почвообразования одним только влиянием влажности или характером реакции, присущей почве в данный момент; объяснение образования болот избытком воды; сведение понятия о плодородии почвы к содержанию в ней элементов пищи растений; борьба с засухой путем непосредственного приведения воды в почву и длинный ряд других.

Во всех этих случаях забывают, что здесь всюду мы имеем дело с комплексом жизненных процессов, протекающих под одновременным влиянием напряжения ряда факторов. При этом и напряжение факторов находится под одновременным влиянием стадий развития, по меньшей мере, многих порядков жизненных явлений.

Приложение законов формальной дедуктивной логики к этой сложной динамике процессов неминуемо приведет к смешению причин и следствий, так как здесь накопление количественных изменений неминуемо переходит в качественное различие, или, другими словами, *следствие становится причиной*. Такой динамический процесс может быть вскрыт только путем диалектического анализа.

Метафизический «закон» *убывающего плодородия почвы*. Первая попытка разобраться в сложной зависимости величины урожая культурных растений от совокупного влияния факторов их жизни принадлежит проф. Эвальду Вольни в Мюнхене (Германия).

До этой попытки зависимость величины урожая культурных растений от отдельных факторов, в частности, от содержания элементов пищи в почве, была частично сформулирована Либихом, и зависимость той же величины от количества

Этот закон часто называется законом оптимума, или ему иногда дают название «закона Либиха», или часто его расчлениают на три закона: закон минимума, закон максимума, и как логическое следствие из первых двух, закон оптимума.

Опыты, подобные только что описанному, повторялись многократно. Они производились с различными культурными растениями и по отношению ко всем отдельным факторам жизни растений. Эти опыты производились для выяснения отношения зеленых культурных растений к притоку каждого фактора из жизни в отдельности в пределах природных условий.

Все эти опыты подтверждали указанные выше выводы и, казалось, ставили их правильность вне сомнения. Кроме того, произведенные опыты выяснили еще одну важную особенность. Оказалось, что положение точки оптимума не постоянно. Эта точка может передвигаться по оси абсцисс в весьма широких пределах — от 10 до 100%, т. е. почти по всей длине оси абсцисс. Положение точки оптимума на оси абсцисс различно для разных растений и характеризует то свойство растений, которое носит название «требовательности». По отношению к воде эту требовательность нередко характеризуют как «засухоустойчивость».

Не будем входить здесь в подробный разбор отношений растений к воде, элементам пищи и космическим факторам, как предмет второй части этой книги. Здесь мы разберем эти вопросы лишь постольку, поскольку они необходимы для изучения почвы, откуда растение черпает воду, элементы своей солевой пищи и азот.

Обратимся теперь к числам приведенного выше опыта в части кривой от минимальной до оптимальной точек. При этом за урожай, соответствующий 30% влагоемкости, возьмем не число, полученное в опыте, которое по какой-то причине, не поддавшейся регистрации, отклоняется от кривой, а число, которое указывается исправленной кривой, равное 190.

Мы получим такой ряд чисел:

Влажность почвы в процентах от полной влагоемкости	5	10	20	30	40	60
Урожай (в дг)	1	63	146	190	217	227
Разница между всяким последующим и предыдущим		62	83	44	27	10
Разница на каждую последующую прибавку 10% влажности		124	83	44	27	5

В последней строке совершенно ясно выражено прогрессивное уменьшение эффекта от всякой последующей прибавки равновеликого количества воды в почве при сохранении неизменности всех других условий опыта.

IV. Указанное уменьшение эффекта от прибавки всякого последующего равновеликого количества фактора до сих

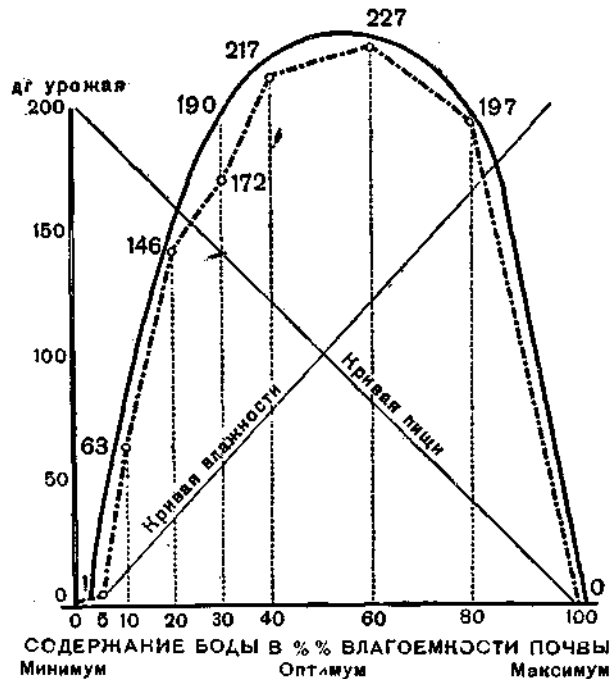


Рис. 1. График изменения величины урожая (дг) под воздействием на один фактор жизни растений (по опыту Гельригеля).

пор считали за закон, которому подчиняются действия всех мероприятий в сельскохозяйственном производстве.

Этот закон известен под названием «закона Тюнена» или под грозным названием «закона прогрессивно убывающего плодородия почвы», и из него буржуазные ученые делают выводы, очень неутешительные для перспективы прогресса в сельском хозяйстве.

Понижение урожайности как следствие непонимания взаимозависимости факторов. В понятие об опыте включается исследование процесса при непременном требовании, чтобы все условия, при которых протекает исследуемый процесс, оставались неизменными, кроме одного, влияние которого на ход процесса исследуется, и чтобы все, что может мешать проявлению эффекта изучаемого условия, было устранено.

В этом отношении опыт Гельригеля далеко не безупречен. С совершенной очевидностью условия питания растений в различных сосудах не могли быть одинаковыми. Питание растений в почве находится в прямой зависимости от интенсивности аэробного разложения органических остатков, содержащихся в почве. Увеличение количества воды в почве прямо влияет на уменьшение в ней количества воздуха. Другими словами, с увеличением количества воды в почве все более сгущаются условия анаэробнозиса, и, следовательно, соответственно уменьшается количество усвояемой пищи, переходящей в формы, не усвояемые культурными растениями. В случае внесения в почву минеральных удобрений в этих условиях все формы окисленные переходят в восстановленные, которыми не способны воспользоваться растения полевой культуры. Этот недостаток зольной пищи должен послужить непреодолимым препятствием для полного проявления действия все увеличивающегося содержания воды в почве.

Верность приведенного соображения находит полное подтверждение в опыте Вольни. Этот опыт представляет повторение опыта Гельригеля с той разницей, что взятая почва была удобрена искусственным удобрением, не поддающимся восстановлению. Удобрение было внесено в количестве, достаточном для обеспечения самого большого урожая.

Результаты опыта таковы:

Влажность почвы в процентах от полной влагоемкости	10	20	40	60	80	100
Урожай зерна (в дг)	13	35	112	212	122	32
Разница между всяким последующим и предыдущим	22	77	100	— 90	— 90	
Разница на всякую последующую прибавку 10% влажности	22	39	50	— 45	— 45	

Числа, показывающие изменения величины урожая под влиянием увеличивающейся влажности, имеют совсем иной смысл, чем на кривой, построенной на основании данных опыта Гельригеля. От «закона убывающего плодородия почвы» в левой части таблицы не осталось следа. Всякая прибавка влажности почвы вызывает *прогрессивно увеличивающуюся* прибавку урожая с параметром прогрессии, равным почти точно 1,75.

Но все-таки и этот опыт Вольни не безупречен. В нем сделано два упущения, в зависимости от которых урожай, достигнув максимальной величины при влажности почвы, равной 60% влагоемкости, с математической правильностью падает при дальнейшем повышении влажности.

Упущения в приведенном опыте таковы: азот удобрения был внесен в форме фекального гуано, в котором преобладают органические формы азота. В этих формах азот не усваивается культурными растениями, и они должны быть переведены в усвояемую форму нитратов аэробным процессом. Между тем по мере повышения влажности почвы в той же мере ухудшаются условия аэробнозиса и в почве сгущается обстановка анаэробнозиса.

Можно с уверенностью утверждать, что если для опыта выбрать растение с хорошо развитой дыхательной тканью, например кукурузу или сорго, или твердую пшеницу, если внести азотное удобрение в виде нитратов и обеспечить

соответствующий приток углекислоты, тепла и света, то урожай растительной массы растения и в частности зерна будет непрерывно прогрессивно повышаться с увеличением влажности почвы вплоть до 100% полной влагоемкости. За это говорят как наблюдения за развитием растений в тропических и субтропических широтах, так и немецкие опыты с удобрением воздуха углекислотой, и американские опыты с выращиванием растений при искусственном увеличении притока тепла и света.

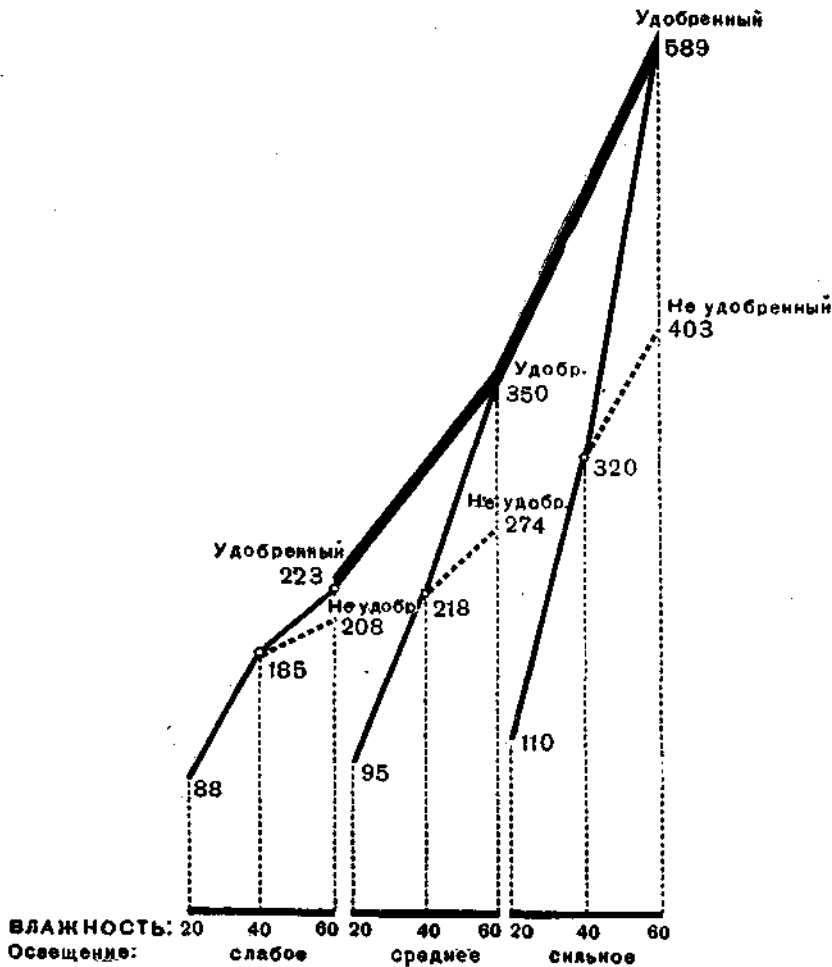


Рис. 2. График непрерывного повышения урожая при одновременном воздействии на свет, воду и пищу (числа на графике — дг урожая) (опыт Э. Вольни).

Эти опыты еще не вышли из стадии ориентировочных и не могут быть цитированы, но у нас есть попытка Вольни разобраться в одновременном влиянии на колебание величины урожая изменений в количественном напряжении трех факторов — света, пищи и влажности почвы.

Растение, яровая рожь, выращивалось в трех рядах стеклянных сосудов. Каждый ряд состоял из четырех сосудов, наполненных одинаковой во всех рядах почвой. Три сосуда каждого ряда содержали неудобрённую почву, влажность которой для каждого отдельного сосуда во все время опыта поддерживалась ежедневной поливкой по весу на высоте 20, 40 и 60% полной влагоемкости почвы. Четвертый сосуд каждого ряда содержал ту же почву, но получившую сильное удобрение, содержавшее все элементы зольной пищи растений и азот в количестве, достаточном для производства очень высокого урожая, и в формах, не способных

к восстановлению. Влажность почвы в этом сосуде поддерживалась на 60% ее полной влагоемкости.

Каждый из трех рядов сосудов в течение всего времени опыта содержался при различных условиях освещения: первый ряд при условиях полного освещения, под прозрачными стеклами; в отделении, где стоял второй ряд сосудов, стекла крыши были заклеены папиросной бумагой, и в отделении, где помещался третий ряд сосудов, стекла крыши были заклеены черной бумагой. Эти три ряда отвечали сильному, среднему и слабому освещению.

Урожай надземной зеленой массы с этих сосудов был следующий (в дециграммах):

Влажность почвы в процентах от полной влагоемкости	Сосуды			
	неудобренные	Удобренные		
20	40	60	60	
Урожай при сильном освещении	110	320	403	584
» » среднем	95	218	274	350
» » слабом	88	185	208	223

На рисунке 2 приведено графическое изображение результатов этого опыта (рис. 2).

Кривая изменений величины урожаев, начиная во всех трех рядах с 40% влагоемкости, имеет двойное направление. Первое, намеченное прерванной линией, указывает на изменение величины урожая при изменении влажности сосудов с неудобренной почвой с 40 на 60% полной влагоемкости.

Второе направление, намеченное сплошной линией, указывает на изменение величины урожая при одновременном изменении как влажности почвы с 40% полной ее влагоемкости до 60%, так и увеличение содержания в почве пищи, т. е. указывает на изменение урожая в удобренном сосуде того же ряда.

Растение, обеспеченное одновременно обильным запасом усвояемой пищи, имеет возможность производительно использовать большое количество воды, имеющееся в его распоряжении.

Ради удобства сравнения все кривые расположены на одном чертеже.

Приведенные на чертеже кривые очень наглядно иллюстрируют несостоятельность «закона убывающего плодородия почвы».

До тех пор пока мы остаемся в пределах воздействия *только на один фактор* жизни растения, этот «закон» проявляется во всей силе. В этих условиях очень ярко выступает прогрессивность падения эффекта всякого последующего, равного предыдущему, количественного увеличения наличия одного фактора *при неизменности количества всех других.*

Но как только в поле нашего воздействия вступают *одновременно два фактора*, зловещая кривизна кривой «закона» начинает распрямляться. И это распрямление тем сильнее, чем больше количественное увеличение наличия другого фактора.

Наконец, как только в сферу нашего влияния вступает и *одновременное* воздействие, наряду с первыми двумя факторами, и количественное *увеличение* наличия *третьего фактора*, «закон убывающего плодородия почвы» сразу упраздняется. По мере количественного увеличения наличия третьего фактора кривая «закона» сначала обращается в восходящую прямую, при дальнейшем же росте наличия третьего фактора мы получаем вместо выпуклой кривой вогнутую.

Если мы, наконец, соединим точки высших урожаев, собранных в каждом из трех рядов сосудов, то получим *круто* восходящую вверх кривую, иллюстрирующую, хотя еще не в окончательной форме, *условия прогресса в сельскохозяйственном производстве.*

Из сопоставления всех кривых приведенного выше чертежа с очевидной ясностью вытекают как условия непрерывного и беспредельного повышения урожайности, так и общие условия прогресса в сельском хозяйстве.

Этот прогресс возможен лишь в том случае, когда наше воздействие на условия, в которых протекает это сложное производство, направлено одновременно на весь их комплекс. Этот комплекс условий представляет одно органическое целое,

все элементы которого связаны неразрывно. Воздействие на один из этих элементов неминуемо влечет за собой необходимость воздействия и на все остальные. Раз этого нет, мы неминуемо сталкиваемся с «законом убывающего плодородия».

До очевидности ясно, что этот последний «закон» — не закон природы, а иллюстрация неправильного подхода к объяснению сложных процессов, функций многих факторов, связанных законами взаимной интерференции. К выявлению закономерности таких процессов нельзя прилагать анализа метафизической логики, при котором все условия, кроме одного, пребывают в состоянии неизменности. Такие закономерности могут быть раскрыты только путем анализа диалектического.

И можно ли считать законом то, что при употреблении неверных весов закон кратных отношений не выявляется, и можно ли на этом основании отрицать существование закона кратных отношений между химическими элементами, подобно тому как отрицается возможность прогресса в сельском хозяйстве на основании «закона убывающего плодородия почвы».

Мы потому так долго останавливались на выявлении зависимости величины урожая от количественного наличия факторов жизни растений, что в течение всего курса нам придется принять эту зависимость как руководящую нить.

Отношения растений к факторам их жизни нами далеко еще не исчерпаны, и нам придется к ним возвратиться во второй части курса. Сейчас мы рассмотрели лишь только общие закономерности этих отношений, так как нам придется руководствоваться ими при изложении первой части курса, учения о почве.

Четыре группы факторов жизни растений с достаточной для производственных целей ясностью делятся на две группы. Мы имеем группу факторов космических — свет и тепло и группу факторов земных — воду и элементы пищи. С точки зрения их роли в производстве между этими двумя группами факторов существует большая разница.

Свет и тепло как космические факторы жизни растений. Космические факторы притекают к зеленому растению в виде энергии солнечного луча; это первичный материал производства и его рабочая энергия. Мы почти совершенно лишены возможности влиять на количественный приток этих факторов к растению.

Только в овощеводстве и садоводстве нам до известной степени удастся увеличить приток тепла. Но регуляция освещения еще не получила практического разрешения, и эта практическая неосуществимость возможности усиления количественного притока световой энергии в очень сильной степени снижает результаты увеличения тепла в этих двух отраслях сельского хозяйства.

Что же касается полеводства и лесоводства, то в них приходится приспосабливаться к притоку энергии в зависимости от условий географической широты местности.

Не следует, однако, думать, что это приспособление носит характер пассивного признания своего бессилия. Под приспособлением в этой области сельского хозяйства разумеется усовершенствование культурного растения, придача ему свойства лучшего использования природного притока света и тепла. Отрасль производства, выполняющая эту задачу, есть отрасль растениеводства, называемая селекцией культурных растений.

Но не следует также преувеличивать значение селекции и видеть в ней спасение от всех неудач в производстве. Припоминая то, что выше было установлено в отношении зависимости величины урожая от количественной наличности всех факторов жизни растений, необходимо по отношению к селекции притти к совершенно ясным выводам.

Прежде всего следует установить принципиальное положение, какая должна быть общая задача селекции растений. Будем ли мы стремиться так улучшить наши растения, чтобы получить организмы, могущие развить наибольшую производительность при наличии всех наилучших условий? Или, наоборот, признав свое полное бессилие в деле создания благоприятной обстановки для работы растений, станем трудиться над созданием такого растения, которое могло бы работать при наихудших условиях или могло бы использовать эфемерное наличие

условий стихийного хозяйства, т. е. «засухоустойчивых» и «скоропелых» сортов.

Я себе не могу представить колебания в выборе направления. С одной стороны, открыта широкая перспектива создания условий для работы наиболее совершенного и производительного организма растения. С другой стороны, была бы безнадёжная вера в непреодолимость наличных условий и ставка на минимальную производительность сельскохозяйственного производства.

Обширное сельскохозяйственное производство в своей основной части разделяется на ряд отраслей: лесоводство, луговоеводство, полеводство, плодоводство, виноградарство, овощеводство и цветоводство.

Кроме того различия между этими отраслями растениеводства, на которое указано выше, может быть проведена граница и по другим признакам.

В лесоводстве и луговомодстве культивируются *природные растительные группировки* и искусственно создаются условия их природных местообитаний. В этих отраслях только в самых грубых, общих чертах осуществляется подход к регуляции отношений растений к факторам их жизни: в лесоводстве — к воде, в луговомодстве — также к воде, но в степени более близкой к требованиям растений, и периодически, через сравнительно большие промежутки времени, и к пище.

Полеводство осуществляет *массовую культуру однородных растений* при условии детальной регуляции их отношений к воде и периодически и столь же детально и к пище.

Остальные отрасли растениеводства, поименованные выше, имеют задачей *индивидуальную культуру растений*. При этом в плодоводстве и виноградарстве регуляции подвергаются отношения растений к воде и пище. В овощеводстве регулируются отношения к воде, пище и теплу. Наконец, цветоводство начинает уже регулировать отношения выращиваемых растений ко всем четырем факторам их жизни, включая и свет.

В полном согласии с выведенным выше правилом находится и использование результатов селекции в перечисленных отраслях растениеводства.

По общему правилу всякое мероприятие в сельскохозяйственном производстве может лишь в том случае проявить свой полный эффект, выявив свою максимальную производительность, когда одновременно с этим мероприятием увеличивается и количественное наличие всех остальных условий производства.

Поэтому цветоводство культивирует исключительно растения, подвергавшиеся процессу строгой *индивидуальной селекции*.

Овощеводство предъявляет уже менее строгие требования к своему материалу. Оно усиливает эти требования в случае культуры парниковой, тепличной или культуры под колпаками и ослабляет эти требования при культуре открытого грунта.

В плодоводстве и виноградарстве требования к качеству селекционного материала зависят от условий, влияющих на величину наличия тех факторов, которые не подвергаются в нем регуляции, — тепла и света. Чем выше их приток, тем выше и требования к культурному материалу.

В полеводстве практическое значение имеет только материал *массового отбора*, и в луговомодстве роль селекции уже *отрицательная*. Селекционная раса лугового растения с узкими требованиями по отношению к воде и элементам пищи не будет в состоянии приспособиться к широким колебаниям влажности луга и к столь же широким колебаниям усвояемости пищи. Колебания последних находятся в зависимости от наличных условий влажности, но совершаются в обратном порядке. Поэтому в луговомодстве культивируются не селекционные расы, а *сложные природные виды* (популяции). Сложный расовый состав природного вида служит лучшей гарантией того, что на лугу всегда найдутся расы, которые в наличных условиях погоды найдут лучшие условия своего развития.

То же, но еще в большей степени, касается и лесоводства.

Таково общее значение и такова роль селекции в растениеводстве.

Все вышеприведенное с достаточной ясностью вскрывает сущность производственного подхода в научном обосновании элементов производства. Конкретная задача всякого производства — проведение определенного процесса или чаще

комплекса процессов, органически между собой связанных, при неприменном условии максимальной производительности данных процессов. В самом понятии о процессе уже заключается понятие о его динамике. Во всяком процессе не только сущность процесса подвержена непрерывному закономерному изменению — развитию, но одновременно изменяются и все условия внешней среды, в обстановке которой протекает процесс. Само понятие о процессе требует известной закономерной изменчивости условий среды.

Задача производства и заключается в регуляции направления и интенсивности хода процесса путем регуляции количественного напряжения условий среды, в которой протекает процесс. Этим осуществляется основное требование социалистической организации производства, требование максимальной производительности труда.

Очевидно, что в производстве немыслим подход с метафизическим анализом, дающим только статический разрез процесса в данный момент при стационарных условиях среды.

Только диалектический анализ может дать верное понятие о процессе производства и динамике изменения условий, в которых он протекает. *Такой анализ и составляет сущность производственного подхода в науке.* Степень же овладения этим анализом служит мерой квалификации специалиста.

Вода и пища как земные факторы жизни растений. Вторая группа факторов земных, вода и пища, в достаточно резкой степени отличается от первой тем, что почти все они влияют на растение не прямо. Свет и тепло прямо, непосредственно оказывают свое влияние на растение. Вода и большинство элементов пищи могут влиять на развитие растений только *через посредника — почву*. Это обстоятельство с производственной точки зрения первоначально важно. Вследствие этого производству открыта возможность количественно воздействовать на отношения этих факторов к растениям. Справедливость сказанного ярко демонстрируется следующим сопоставлением. Среди элементов, составляющих сложный фактор пищи, имеется несколько таких, которые почти целиком избегают посредника, почвы, и которые непосредственно воздействуют прямо на растение. Таковы углекислота и дыхательный кислород, и мы почти бессильны влиять на отношения к ним растений. В недалеком прошлом таковы же были наши отношения к свободному азоту, усвояемому бобовыми. Но как только было установлено участие посредника, бактерий, между бобовыми и свободным азотом, так тотчас же началось и воздействие на отношения бобовых к азоту.

Ни одна капля воды не может проникнуть в организм растения иначе, как через его корневую систему из почвы. Только тем же путем может осуществиться питание культурных растений их зольной пищей и большинства их и азотом.

Что такое плодородие почвы. Способность почвы в той или иной степени удовлетворять растения в этой потребности их в земных факторах жизни носит название *плодородия почвы* и представляет ее *качественное* отличие как природного тела от бесплодного камня и других природных тел, не способных обеспечить жизненную потребность растений в *одновременном и совместном* наличии двух факторов их существования — *воды и пищи*.

Из предыдущего изложения ясно, что только способность к *одновременному* обеспечению наличия воды и пищи имеет реальное значение и *только способность к одновременному удовлетворению обоих равнозначимых и незаменимых факторов жизни растений в максимальных потребных количествах можно рассматривать как плодородие почвы*.

Как ни очевидно высказанное положение, но его приходится подчеркивать, потому что до сих пор еще многие рассматривают плодородие почвы только как способность последней обеспечивать растения элементами их пищи. Излишне говорить, что такой взгляд на плодородие почвы неминуемо влечет за собой последствия, которые уже рассмотрены выше, и применение этого взгляда в производстве с неизбежностью приводит к признанию «закона падающего плодородия почвы».

Из всего сказанного с очевидностью вытекает и общая производственная задача земледелия. Она состоит в обеспечении культурным растениям непрерывно, в течение всего периода их жизни, одновременного максимального наличия в почве усвояемой воды и усвояемой пищи.

Чтобы подойти к решению этой задачи, нужно проследить за ходом развития двух элементов, из которых складывается существенное, качественное свойство почвы. Необходимо выяснить направление и темп процесса развития отношений почвы к воде и к элементам пищи растений.

ПАМЯТИ
ВАСИЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА
ДОКУЧАЕВА

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ВЫВЕТРИВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ПРОЦЕСС ОБОСОБЛЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

Плодородие — существенный признак почвы. — Почва и горная порода. — Общее направление изучения почвы. — Термическое выветривание. — Физические свойства рыхляка. — Химическое выветривание. — Агенты химического выветривания. — Действие угольной кислоты при выветривании. — Механический состав рыхляка. — Выветривание осадочных горных пород. — Перенос продуктов выветривания. — Участь элементов пищи растений при выветривании. — Отношение почвообразующих пород к воде. — Развитие агрегатного состояния почвообразующей породы.

Для всех ясно, что почва образовалась из горных пород. Но между почвой и горной породой огромная разница.

Плодородие — существенный признак почвы. Когда мы говорим о почве, мы разумеем *рыхлый, поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений*. Понятия о почве и ее плодородии неразделимы. *Плодородие — существенное свойство, качественный признак почвы, независимо от степени его количественного проявления*. Понятие о плодородной почве мы противопоставляем понятию о бесплодном камне, или, другими словами, понятию о *массивной горной породе*.

Несмотря на диаметрально противоположность этих свойств, мы не сомневаемся, что почва произошла из горной породы.

Почва и горная порода. Мы видели, что существенное свойство почвы, ее плодородие, складывается из двух *равнозначимых* элементов: ее отношения к воде и ее отношения к элементам зольной и азотной пищи растений. Эта двойственность, присущая существенному свойству почвы, заставляет искать *два* одновременно протекающих процесса, под влиянием которых в одной и той же каменной горной породе постепенно накапливаются две категории новых свойств. Вследствие накопления этих отличий, первоначальная порода обращается в качественно иное, новое природное тело, в почву. *Накопленные отличия складываются в новое существенное свойство — плодородие, которое диаметрально противоположно по своему значению свойству первоначальной горной породы — бесплодию*.

И действительно, мы знаем два процесса, под *совместным и одновременным* воздействием которых горная порода обращается в почву. Это процесс *выветривания* и процесс *почвообразования*.

Общее направление изучения почвы. В самую раннюю эпоху развития науки о почве предполагалось, что почва образуется из горных пород под воздействием одного только процесса выветривания. Этот взгляд соответствовал тому периоду развития естественных наук, когда еще только зарождалась химия углеродистых соединений, когда еще никто не думал о возможности существования химии коллоидального состояния тел, когда еще не было и намеков на микробиологию, когда еще в зародыше было учение об энзимах и когда еще не могло обособиться понятие о гетеротрофном питании организмов. Сильно способствовало возможности установления и сохранения по настоящее время неправильного, устаревшего взгляда на происхождение почвы и то, что в самых процессах выветривания было еще много невыясненного, и под этим понятием и до сих пор обобщаются процессы разных порядков.

Несмотря, однако, на все эти неблагоприятные условия, как только начали обрисовываться общие контуры вышеупомянутых отраслей естественных наук,



Докучаев Василий Васильевич (1846—1903).

так тотчас зародилось и учение о почвообразовательном процессе в смысле истории развития почвы как природного тела. Учение о почвенном покрове, как о самостоятельной категории природных тел, возникло в России в результате творческой работы трех русских ученых — В. В. Докучаева, П. А. Костычева и Н. М. Сибирцева.

Само собой разумеется, что в работах этих трех ученых могла быть намечена лишь общая схема развития почвы, в ее деталях могли быть несущественные ошибки. Они находят себе полное объяснение в недостаточном развитии тех дисциплин, на которые опиралась тогда наука о почве.

Лучше всего общее направление изучения почвы логически вытекает из определения понятия о почве, установленного Докучаевым его словами: «Почвой следует называть „дневные“ или наружные горизонты

горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых».

Еще дальше факторы, совместно изменяющие горную породу, слагаются у Докучаева в пять комплексов: 1) материнскую породу, 2) климат, 3) растительность, 4) рельеф страны и 5) ее возраст.

После того как набросана эта программа изучения совместного влияния пяти основных элементов почвообразования в общем аспекте развития или возраста, всякую попытку свести изучение происхождения почвы к преобладающему влиянию одного какого-либо элемента, при сохранении в стационарном состоянии современных условий залегания почвы, нельзя не рассматривать как шаг назад, как возврат к младенческому состоянию науки о почве, когда не было еще необходимых предпосылок для диалектического анализа процесса почвообразования и поневоле приходилось ограничиваться метафизическим анализом. Эти попытки при современном состоянии развития точных и биологических наук представляют достояние истории науки.

Если из соображений принципиального порядка нельзя согласиться с приложением, при современном состоянии развития естественных наук, метафизического анализа в области учения о почве, то тем более отрицательного отношения заслуживают попытки оставаться на позициях морфологического направления в почвоведении — того направления, которое во всех естественных науках при-

надлежит даже не истории, а археологии по той простой и морфологически очевидной причине, что в нем совершенно отсутствует логика, и потому оно не может служить основанием для построения научной, т. е. логической, системы. Это не наука, а искусство, пародирующее науку.

Термическое выветривание. Горная порода, чтобы стать почвой, должна развить два новых свойства, слагающих существенный признак почвы — ее плодородие. Она должна приобрести способность к образованию и сохранению запаса воды, необходимой для обеспечения развития растений, и она должна сконцентрировать и удерживать необходимый для развития растений запас элементов из зольной и азотной пищи.

Первоисточник воды очевиден, это — атмосферные осадки. Они должны получить возможность проникнуть в породу, и порода должна быть в состоянии их удерживать.

Но первоначальные горные породы обладают свойством, которое называется массивностью. В природе они слагаются сплошными массами, образуя скалы, горы, пласты, и поэтому в геологии носят название массивных горных пород.

В природе нет абсолютно непроницаемых для воды горных пород. Даже самые плотные и твердые граниты, сиениты, порфиры, кварциты и тому подобные содержат некоторое количество воды, не говоря уже о более мягких известняках, песчаниках, сланцах и др. Но это содержание воды в горных породах ничтожно и, кроме того, для целей снабжения растений практически равно нулю.

Чтобы запасти воду в своей массе, горная порода должна обладать более широкими промежутками между элементами, ее слагающими; она должна покрыться системой трещин, через которые могла бы проникнуть вода. Порода должна утратить свойство массивности и тем самым приобрести новое свойство, называемое рыхляковостью. Массивная порода должна обратиться в породу рыхляковую, или в рыхляк. К таким породам принадлежат глины, пылевые наносы, пески, конгломераты, осыпи и др.

Процесс перехода массивной породы в рыхляк носит название физического или термического выветривания.

Причин возникновения этого процесса две. Первая — ежесуточные колебания температуры наружных горизонтов породы под влиянием смены дня и ночи и



Сибирцев Николай Михайлович (1860—1900).

других менее правильно повторяющихся процессов. Вторая причина процесса — чрезвычайно малая теплопроводность всех горных пород.

Под влиянием одновременного сочетания этих двух причин при всяком нагревании поверхности породы, вследствие медленной передачи тепла в толщу породы, легко обособляется слой более теплый, чем глубже лежащая масса. Вследствие этого возникает разница между напряжением молекулярных сил в поверхностном слое породы и в глубже лежащей массе ее. Верхний нагретый слой стремится расшириться, и этому стремлению противостоит сила сцепления его с глубже лежащей холодной массой породы.

В результате этой разницы напряжений молекулярных сил образуются тонкие волосные трещины, отделяющие верхний, а с течением времени и ряд верхних слоев от основной глубже лежащей массы породы (рис. 3).

Наступает ночь. Верхние слои породы, прогретые в течение дня до некоторой глубины, начинают охлаждаться вследствие лучеиспускания. Опять и по причине той же малой теплопроводности породы на ее поверхности обособляется слой, отличающийся теперь меньшей температурой по сравнению с более глубокими слоями, прогретыми в течение дня.

Под влиянием этого нового сочетания условий наступает вновь разница напряжения молекулярных сил, но на этот раз противоположного значения. Верхний, более холодный слой стремится уменьшиться в объеме, сжаться. Но его сжатию противостоит объем еще теплых, более глубоких слоев породы. Опять возникает сеть тонких, волосных трещин, но имеющих другое направление.

Рис. 3. Скорлуповатые поверхностные слои термического выветривания на валуне с глубины 3,5 м из валунной глины Петровско-Разумовского.

В первом случае, при согревании поверхности породы, более теплые ее слои стремились отделиться от более холодной массы породы параллельными рядами периферических трещин, параллельных наружной поверхности породы. При охлаждении поверхности породы ее внешний слой стремится сократиться в объеме, но, встречая непреодолимое препятствие более глубоких, более теплых слоев, растрескивается сетью радиальных трещин, направленных перпендикулярно к поверхности породы.

Получается сеть взаимно пересекающихся рядов трещин, разрыхляющих поверхностные слои породы.

Кроме того, подчиненное значение, лишь усиливающее влияние главных причин, имеют разница коэффициента линейного расширения по разным осям минералов различных кристаллических систем, кроме правильной, и разница окраски минералов, влияющая на степень поглощения ими тепла, а следовательно, и на степень их расширения.

В образовавшиеся трещины проникает вода и зимой, замерзая в них и увеличиваясь при этом в объеме, еще более нарушает связь элементов породы.

Под влиянием смены этих процессов из дня в день и из года в год поверхность породы покрывается рыхлой массой *рухляка термического выветривания* породы.

Сила тяжести, ветер и потоки дождевой воды сносят образовавшийся рухляк и обнажают новые поверхности массивной породы для дальнейшего выветривания.

В наиболее сильно выраженной степени термическое выветривание горных пород осуществляется в сухих, жарких пустынях субтропической зоны и в высокогорных областях выше снеговой линии. Малое количество водяного пара в атмосфере последних областей определяет большую прозрачность и безоблачность атмосферы. Поэтому поверхность горных пород очень сильно нагревается солнечными лучами днем и быстро и сильно охлаждается ночью вследствие беспрепятственного излучения тепла. В этих горных районах с обращенных к солнцу поверхностей скал сыплется непрерывный дождь обломков термического выветривания горных пород, и у подножия скал скопляются мощные толщи *осыпей острогранных обломков* самой разнообразной величины.

Вновь получающаяся порода, рухляк термического выветривания, отличается от первоначальной породы только одним признаком. Первоначальная порода утратила только свою *форму*, из массивной она стала рухляковой. *Все остальные свойства остались теми же: петрографические элементы массивной горной породы только подверглись большему или меньшему измельчению; и без всяких других изменений и в тех же, относительных количествах они вошли и в состав рухляковой породы.*

В полном согласии с единственным изменением свойств рухляковой породы находится и изменение ее отношений к окружающей среде. Изменилось только ее отношение к воде и газам. Рухляк стал *проницаем* для воды и воздуха.

Но изменившиеся отношения породы к воде далеко еще не удовлетворяет тем требованиям, которые предъявляются плодородием почвы по отношению к воде.

Такая порода может лишь пропустить в себя воду, но она не в состоянии *сохранить* сделанного ею запаса воды.

Под влиянием термического выветривания порода претерпела только большую или меньшую степень измельчения. Она только разбилась на однородные элементы различной крупности, но в ней не создались условия, могущие заставить новые элементы породы войти в какие бы то ни было отношения между собой. Отношения как отдельных элементов породы, так и всей совокупности их, самого рухляка к элементам окружающей среды представляют простую функцию измельченности этих элементов и равномерности их измельчения. Такая порода носит название *раздельночастичной* рухляковой породы.

Все элементы такой породы многогранны, они образовались вследствие растрескивания элементов породы преимущественно по *плоскостям* спайности. Поэтому элементы породы не могут достигнуть такой степени сближенности, чтобы дать возможность проявиться молекулярной силе сцепления, проявляющейся только на ничтожных расстояниях. Такая порода совсем не обладает *связностью*, т. е. способностью *противостоять* силам, *стремящимся* разредить ее *частишки*.

Такая порода — рухляк в самом полном смысле слова.

Физические свойства рухляка. Во влажном состоянии, пока между элементами породы присутствует вода, можно придать массе породы форму какого-либо геометрического тела, вследствие силы сцепления между элементами породы и водой. Но как только сформированное из влажной породы тело высохнет, оно распадется само собой в бесформенную массу рухляка.

Все процессы, которые возникают в массе такой породы при ее взаимодействии с элементами окружающей среды, совершаются *всегда в одном направлении* и продолжаются до тех пор, сохраняя то же направление, пока имеются налицо условия внешней среды, определяющие процессы. Как только возобновляются условия процесса, так тотчас он вновь возникает и неизменно в том же направлении. Закономерности, определяющие направление и темп возникающих процессов, крайне просты.

Одним словом, рухляковая порода — тело, в котором все процессы, возникающие при его взаимодействии с окружающей средой, подчиняются абиотическим законам, до тех пор пока порода остается рухляком.

Из процессов, возникающих в рухляке термического выветривания при его взаимодействии с элементами окружающей среды, в настоящем месте наиболее важны его отношения к воде, как к одному из элементов, слагающих плодородие почвы.

Из процессов, которые возникают при соприкосновении сыпучего тела с водой, в рухляке термического выветривания развита в полной мере только проницаемость.

Многогранные элементы этой породы соприкасаются преимущественно углами, вершинами и ребрами, лишь изредка происходит их соприкосновение по поверхностям граней. Поэтому промежутки между элементами породы имеют форму волосных каналов с бесчисленным множеством расширений. Волосные процессы в такой породе проявляются преимущественно в форме образования менисков воды на местах соприкосновения вершин и ребер одних частичек с гранями других. *Сплошных волосных каналов во всей толще такой породы не существует.* Вследствие такого сложения породы, частички которой в природных условиях не бывают мельче 0,1 мм, вода свободно проникает в ее массу и движется в ней по законам *тяжести или гидростатического давления*, т. е. в виде так называемой *капельно-жидкой, или гравитационной, воды*.

Но как только прекращается приток воды сверху или гидростатическое давление, так тотчас вода, заполнявшая в породе все промежутки, из них стекает, и в массе породы остается ничтожное количество воды, удерживаемое в форме менисков на точках и линиях соприкосновения частичек породы между собой. *Влагоемкость* породы выражена крайне слабо.

Вследствие отсутствия непрерывной во всех направлениях сети волосных промежутков и *волосное передвижение воды* по породе отсутствует.

Из сопоставления вышесказанного видно, что путем термического выветривания горная порода, вследствие накопления мелких количественных изменений, постепенного измельчения, приобрела проницаемость, существенное свойство природного тела, качественно отличного от первоначального, исходного тела.

Приобретенное качество, в свою очередь, открывает широкий простор для нового порядка взаимодействий между элементами новой рухляковой породы и окружающей средой.

Химическое выветривание. Результат измельчения породы, математически неизбежный, — увеличение поверхности соприкосновения породы с элементами окружающей среды, и это не может не вызвать ряда новых процессов.

Прямо пропорционально степени увеличения поверхности растет и степень энергии химического взаимодействия между элементами, способными к такому взаимодействию. Усиливается *химическое выветривание* элементов измельченной горной породы.

Под этим названием мы разумеем химическое взаимодействие между элементами атмосферы и петрографическими элементами породы — *минералами*, ее составляющими.

Раньше всеми и теперь еще многими учеными химическое выветривание рассматривается как ряд весьма сложных процессов. Это происходит от того, что под одним этим общим названием объединяют три порядка процессов, качественно между собой различных и теперь ясно различаемых под названиями процессов *метаморфоза, диагенезиса и выветривания*.

Под *выветриванием* мы разумеем процессы взаимодействия между элементами горной породы и окружающей *минеральной* (абиотической) среды, осуществляющиеся исключительно при *термодинамических условиях земной поверхности*, т. е. при средней температуре 15° и среднем давлении 760 мм ртутного столба.

Под *метаморфозом* мы разумеем как взаимодействие между теми же элементами, так и взаимодействие продуктов выветривания между собой, совершающиеся

или при *высокой температуре*, или *под высоким давлением*, или при одновременном сочетании этих двух условий.

В том и другом случае получаются при необратимых в данных термодинамических условиях процессах выветривания, или метаморфоза, продукты, обладающие общим существенным свойством *конечных продуктов* всякого процесса. Они не способны входить во взаимодействие в условиях своего образования. Они конечные продукты с существенным свойством *устойчивости при термодинамических условиях* своего образования. Это свойство противопоставляется *непостоянству промежуточных продуктов*, которые поэтому лишены способности накапливаться.

Конечные продукты того и другого процесса могут вновь входить во взаимоотношения между собой, т. е. участвовать в процессе диагенезиса только при *условиях, противоположных условиям их образования*. Продукты выветривания могут вновь реагировать между собой только при условии высокой температуры или высокого давления, или при сочетании этих условий.

Точно так же и продукты метаморфоза могут вновь подвергаться изменению только путем процесса выветривания при термодинамических условиях земной поверхности.

Процессы химического выветривания крайне просты.

Число горных пород, участвующих в образовании почв, невелико. Они состоят из небольшого числа минералов; продукты их выветривания образуют рухляк *почвообразующих* пород.

Существенные для почвообразования петрографические элементы этих немногих горных пород могут быть объединены в четыре группы:

1. *Кварц.*
2. *Карбонаты.*
3. *Силикаты.*
4. *Алюмосиликаты.*

Кварц сам по себе нередко встречается в форме горной породы, которая в виде кварцитов бывает очень часто представлена большими массивами.

Кроме того, кварц представляет существенную часть самых распространенных в природе так называемых *кислых* алюмосиликатных горных пород, примером которых могут служить граниты и гнейсы; в этих породах кварц представлен более или менее крупными кристаллами.

Карбонаты в качестве горных пород представлены исключительно карбонатами извести и магнезии. Карбонаты других металлов в качестве почвообразующих пород не встречаются. Мы пока будем иметь в виду только *кристаллические (метаморфические) известняки*.

Силикаты, или *соли кремневой кислоты*, принимают существенное участие в составе сложных горных пород. Они представлены главным образом силикатами двухвалентного железа и магния. Примерами их могут служить роговые обманы, авгиты, пироксены и др.

Алюмосиликатам, или *солям алюмокремневой или глиноземнокремневой кислоты*, принадлежит, несомненно, одно из главных значений в составе горных пород. К этой группе принадлежат полевые шпаты и слюды, представляющие обыкновенно преобладающую составную часть сложных алюмосиликатных пород, гранитов, гнейсов, слюдяных сланцев, сиенитов, андезитов и других пород.

Агенты химического выветривания. Химическое выветривание представляет несложный ряд процессов взаимодействия между вышеперечисленными группами минералов горных пород и элементами атмосферы.

Оставляя в стороне те элементы атмосферы, которые содержатся в ней в крайне малых количествах, мы рассмотрим четыре составляющих ее газа: *азот* (включая и аргон), *кислород*, *углекислотная кислота* и *пары воды*.

Прежде всего останавливает на себе внимание значение паров воды. Прямого химического воздействия на составные элементы горных пород вода и ее пары не оказывают, но ее присутствие — необходимое условие действия других элементов. Поэтому, например, в жарких пустынях, где дождя не выпадает иногда

в течение нескольких лет, мы встречаем исключительно термическое выветривание. Осыпи горных пород в этих областях представляют просто измельченную породу, сохранившую все свои петрографические элементы в тех же соотношениях, какие присущи первоначальной массивной породе. То же наблюдается и при выветривании на горах выше снеговой линии.

Для того чтобы могло осуществиться влияние на горную породу других элементов атмосферы, необходимо, чтобы порода была смочена водой, или чтобы измельченная порода, рухляк, ступила на своей поверхности пары воды.

Необходимо обратить внимание на то, что после окончания реакции между элементами породы и атмосферы все ее *нерастворимые продукты, остающиеся на месте реакции, всегда отлагаются в форме гидратов*. Гидратизацией одной части продуктов выветривания и растворением и выносом другой части и ограничивается прямое участие воды и ее паров в процессе выветривания горных пород.

Азот и аргон атмосферы, вследствие их инертности в термодинамических условиях земной поверхности, никакого участия в процессе выветривания не принимают.

Участие *кислорода* воздуха при выветривании невелико. Действие свободного кислорода ограничивается только окислением таких соединений, которые могут присоединить кислород.

В горных породах к таким соединениям принадлежат силикаты и алюмосиликаты, содержащие закисные соединения железа.

Повидимому, подобное окисление совершается одновременно с распадом силикатов или алюмосиликатов под влиянием угольной кислоты.

Процесс окисления закиси железа горных пород в гидраты окиси железа обращает на себя внимание тем, что при нем происходит значительное увеличение объема выветривающихся элементов породы, и, следовательно, он оказывает и механическое влияние в смысле разрыхления породы. Этот процесс легко наблюдать на породах, окрашенных соединениями закиси железа в черный или зеленый цвет. Особенно ярко представлен этот процесс при выветривании кристаллических известняков, окрашенных соединениями закиси железа в черный и темные цвета. При выветривании в условиях сухой степи они дают яркокрасные и розовые мергели (*terra rossa*). Подобный же результат получается при выветривании эмевииков, зеленокаменных пород и многих лав. При выветривании андезитов, базальтов и роговообманковых сланцев получаются яркожелтые рухляковые породы (желтоземы).

Действие угольной кислоты при выветривании. Угольной кислотой, несмотря на ничтожное содержание ее в атмосферном воздухе, принадлежит главное значение при химическом выветривании горных пород.

Мы рассмотрим последовательно отношения угольной кислоты ко всем выделенным нами выше группам петрографических элементов горных пород.

Кварц (SiO_2) — свободная кристаллическая кремневая кислота, иногда окрашен следами других веществ в разнообразные цвета, ни в какие взаимоотношения с угольной кислотой не входит. Также не влияют на него и другие элементы атмосферы. *Кварц химическому выветриванию не подвергается*; он способен только измельчаться под влиянием термического выветривания.

Карбонат извести, или углекислая соль окиси кальция (CaCO_3), в чистой воде практически не растворим, но в природной воде, всегда содержащей в растворе свободную угольную кислоту, он обращается в бикарбонат, или кислую углекислую соль окиси кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, растворимость которой приблизительно в сто раз больше растворимости карбоната.

Таким образом процесс выветривания карбонатных пород сводится к простому растворению содержащихся в них углекислых извести и магнезии. При этом, если известняки содержали примесь закисных соединений железа, с последними происходит изменение, о котором мы уже говорили выше.

Силикаты представляют соли кремневой кислоты или изоморфную смесь этих солей. Единственная реакция, которая может произойти между ними и сво-

бодной угольной кислотой, это реакция замещения связанной кремневой кислоты силикатов свободной угольной кислотой.

В результате реакции получится *свободная кремневая кислота*, а основания, которые были с ней связаны, образуют соли угольной кислоты. Основаниями, образующими силикаты, чаще всего бывают двухвалентное и трехвалентное железо, марганец, кальций, магний, натрий и калий. Участь их при выветривании различна. Все железо переходит в форму трехвалентного и, вследствие неустойчивости карбоната его окиси, окончательно выделяется на месте реакции в виде *гидрата окиси железа*. Так же, повидимому, отлагается и *марганец*. *Кальций и магний* выделяются в виде *карбонатов извести и магнезии*, и так как эти соли в присутствии свободной угольной кислоты довольно легко растворимы в воде, то они в значительной степени выщелачиваются из рыхляка атмосферной водой, всегда содержащей в растворе свободную угольную кислоту. Натрий и калий также образуют карбонаты своих окисей, и так как эти соли, сода и поташ легко растворимы в воде, то они легко выщелачиваются из породы.

Что касается кремневой кислоты, то при действии угольной кислоты на силикаты она сначала выделяется в воднорастворимом состоянии, переходя в некоторых условиях в аморфную кремневую кислоту или кремнезем.

Выветривание *алюмосиликатов* под действием угольной кислоты, по существу, не отличается от выветривания силикатов. Разница заключается только в том, что в этом случае мы имеем дело с солями алюмокремневой кислоты ($H_2Si_2Al_2O_8$) или с изоморфною смесью этих солей. Поэтому вместо получающейся в первом случае аморфной кремневой кислоты мы получаем смесь гидратов *алюмокремневой кислоты*, или *каолина* ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O$), и *аморфной кремневой кислоты*. Все остальное, касающееся выветривания силикатов, касается и выветривания *алюмосиликатов*.

В конечном результате выветривания самой сложной массивной горной породы получающаяся рыхляковая порода может состоять из *обломков кварца, порошка аморфной кремневой кислоты* (кремнезема), *каолина и окисей железа и марганца*. Кроме того, если выветривание еще не вполне закончено, к породе могут быть приращаны *обломки первоначальных горных пород*.

В зависимости от преобладания той или иной группы упомянутых составных частей и происходит все разнообразие природных рыхляковых пород, которые могут быть каменистыми, хрящевыми, песчаными, супесчаными, пылеватыми или лёссовидными, суглинистыми и глинистыми в зависимости от преобладания тех или иных элементов.

Механический состав рыхляка. Способы определения количественного содержания в рыхляковой породе частичек различной крупности, или *механических элементов*, носят название *механического анализа*. Мы не можем остановиться на детальном разборе принципов, положенных в основу механического анализа, поэтому укажем только на то, что количество наиболее крупных элементов (до 0,25 мм в диаметре) определяется пропусканием навески почвы через сита сначала с водой, а потом в сухом состоянии. Элементы от 0,25 до 0,01 мм определяются в приборе, дающем длительную струю воды равномерной скорости, и более мелкие частички разделяются по скорости их оседания в стоячей воде.

Для массовых производственных анализов механического состава почв в настоящее время принят метод пипетки (Робинзон).

Но наиболее совершенным способом механического анализа в целях получения отдельных чистых механических фракций следует признать комбинацию способов Вильямса и Шэне. Классификация механических элементов, принятая при этих способах, такова:

Камни диаметром крупнее 40 мм					
Хрящ		Песок		Пыль	
Крупный . . .	10—5 мм	Крупный . . .	3 —1 мм	Средняя . . .	0,01 —0,005 мм
Мелкий . . .	5—3 мм	Средний . . .	1 —0,5 мм	Тонкая . . .	0,005—0,001 мм
		Мелкий . . .	0,5 —0,25 мм	Или	
		Пылеватый . . .	0,25—0,05 мм		
		Тонкий . . .	0,05—0,01 мм	Мельче	0,001 мм

Приведенная классификация стремится объединить в группы элементы, по возможности однородные. Общеизвестен факт, что интенсивность химического взаимодействия растет прямо пропорционально поверхности соприкосновения реагирующих тел.

При измельчении элементов горной породы во время выветривания поверхность их соприкосновения с агентами атмосферы растет чрезвычайно быстро. Поэтому процесс их химического выветривания совершается с прогрессивно-возрастающей энергией. Очень скоро наступает предел измельчения, дальше которого элементы породы, способные химически выветриваться, не могут существовать в природных условиях. Они должны обратиться в конечные продукты своего распада.

Такой предел для большинства минералов, входящих в состав горных пород, наступает при достижении измельчения в 0,1 мм. Лишь очень немногие минералы, как, например, лепидолит, ильменит, мусковит и др., достигают измельчения в 0,01 мм, кварц также достигает размеров в 0,01 мм.

Поэтому приведенные группы механических элементов характеризуются достаточно строго и определенным петрографическим составом.

Камни представляют обломки горных пород.

Группа гравий представляет или такие же обломки пород, или отдельные минералы, их слагающие.

Пески содержат только отдельные минералы породы, причем, по мере уменьшения диаметра песка, в нем растет относительное содержание кварца.

Пылеватый песок состоит почти нацело из чистого кварца с ничтожной примесью роговой обманки, лепидолита, ильменита, мусковита и некоторых других минералов.

Тонкий песок представляет чистый кварц.

Пыль состоит нацело из аморфной кремневой кислоты.

Тонкая пыль, повидимому, результат несовершенства процесса разъединения частичек.

Наконец, *ил* представляет смесь каолина (глинных минералов) и окисей железа и марганца, или так называемую глину.

Только ил обладает свойством *связности*, или способностью при высыхании сохранять приданную его массе во влажном состоянии форму. Связность ила очень велика, и для того чтобы расколоть сформованную из него призму, имеющую поперечное сечение, равное 1 кв. см, нужно нагрузить нож, раскалывающий призму, грузом в 35 кг.

Остальные механические элементы *не обладают связностью ни в какой мере*, и сформованная из них во влажном состоянии фигура рассыпается после высыхания или сама собой, или от малейшего прикосновения.

Следует упомянуть, что многие исследователи для характеристики механического состава ограничиваются выделением фракции мельче 0,01 мм и дробным разделением более крупных фракций. Ясно, что механическая фракция мельче 0,01 мм может состоять из 99% пыли и 1% ила или же, наоборот, из 1% пыли и 99% ила и, следовательно, *может обладать самыми разнообразными физическими и химическими свойствами*. Логического основания для такого рода механического анализа я не вижу.

Выветривание осадочных горных пород. Мы до сих пор рассматривали выветривание *первичных* горных пород. Кроме них, в состав земной коры входят мощные толщи пород *вторичных, осадочных*: песчаников, осадочных известняков, глинистых сланцев и др. Вторичные, или осадочные, породы состоят из продуктов выветривания первичных пород, сложившихся в новые плотные слои породы, или из продуктов дочетвертичного почвообразования. Из предыдущего ясно, что эти породы могут подвергаться химическому выветриванию только в том случае, если они сложены из крупных обломков первичных пород, как, например, в случае конгломератов. Вторичные же породы, осадочные мелкозернистые песчаники, известняки, глинистые сланцы, сложены из конечных продуктов выветривания

первичных пород, песка, аморфной кремневой кислоты, углекислой извести и глины, т. е. из смеси каолина и окисей железа и марганца.

Как конечные продукты выветривания все эти вещества обладают полной устойчивостью при термодинамических условиях земной поверхности. Поэтому осадочные породы могут подвергаться только термическому выветриванию, т. е. они вновь обращаются в рухляковые массы песка, пыли и глины.

Немного сложнее происходит выветривание осадочных известняков. Осадочные известняки образуются на дне моря вследствие скопления бесчисленных известковых панцирей и раковин морских организмов. Материалом для построения этих панцирей и раковин служит углеизвестковая соль, непрерывно вымываемая атмосферной водой из рухляка выветривания на поверхности суши. Вместе с этим атмосферная вода также непрерывно сносит с поверхности суши и другие конечные продукты выветривания. Мелкий песок, пыль аморфной кремневой кислоты, окись железа и марганца и каолин также непрерывно поступают в море и осаждаются на дно, входя в состав образующихся известняков.

Когда осадочные известняки выступают на поверхность суши, начинается их выветривание. Их поверхность разрушается термическим выветриванием, и проникающая в толщу известняков атмосферная вода выщелачивает углекислую известь. На месте рухляка осадочного известняка остаются только нерастворимые в воде конечные продукты выветривания первичных пород, попавшие в его толщу одновременно с панцирями и раковинами, послужившими основным материалом для образования вторичных известняков.

Оставшаяся рухляковая порода носит название *мергеля*. Ее характерный признак — высокая степень выровненности слагающих ее механических элементов. Они подвергались сортирующему воздействию наземных, так называемых делювиальных потоков, потом рек, снесших их в море, и, наконец, окончательно были отсортированы морскими течениями. Обыкновенно мергели содержат и некоторое количество остаточной углекислой извести.

Остаточная рыхлая порода, получающаяся после окончания термического и химического выветривания любой, самой сложной по составу первичной или осадочной породы, может, таким образом, состоять только из смеси измельченного кварца, тонкого порошка аморфной кремневой кислоты и мельчайших частиц гидрата алюмокремневой кислоты, или каолина, окисей железа и марганца. Смесь последних трех элементов обычно называется *глиной*. Кроме того, такая порода может содержать и обломки первоначальной горной породы.

Обыкновенно эти группы элементов характеризуют по их крупности, говоря о камнях и хряще, песке, пыли и глине. В зависимости от преобладания того или другого из этих элементов различают рухляковые породы каменные, хрящевые, песчаные, пылеватые и глинистые. Часто характеризуют механический состав рухляковых пород, прибегая к комбинации приведенных слов. Говорят, например, о каменных или валунных глинах, глинистых песках или характеризуют содержание глины в песчаной породе, называя ее тяжелой или легкой супесью. Совершенно так же для характеристики содержания песка или пыли в глинистой породе называют ее легким или тяжелым суглинком. Слова «легкий» и «тяжелый» характеризуют в этих случаях лишь отношение породы к легкости или трудности — «тяжести» — ее обработки, так как глина представляет единственный элемент породы, обладающий связностью.

Частишки глины настолько малы ($< 0,001$ мм), что могут входить в очень тесное соприкосновение между собой и с более крупными частичками. При таком тесном соприкосновении может в достаточной степени развиваться молекулярная сила сцепления, развивавшаяся только на ничтожно малых расстояниях.

Что касается веса механических элементов рухляка, то он изменяется в противоположном направлении. Удельный вес всех элементов, начиная от среднего песка и кончая тонкой пылью, равен 2,65 (удельному весу кварца). Только в более крупных элементах он может быть выше в зависимости от возможного содержания в них более тяжелых минералов. Удельный вес частичек мельче 0,001 мм

колеблется от 2,4 до 2,1 в зависимости от отношений содержания в нем каолина и окисей железа и марганца.

Рухляковые породы, в которых резко выражено преобладание элементов пылеватых, носят часто название *лесса* и *лессовидных* пород, и обыкновенно эти слова употребляются для характеристики *выровненности* или *однородной мелкозернистости* состава. Говорят, например, о лессовидных песках. Само собой разумеется, что связывать представление о лессовидности породы с возможностью ее происхождения как экзотического эолового наноса нельзя. Генезис породы может быть установлен только в результате всестороннего анализа условий ее залегания и ее свойств.

Перенос продуктов выветривания. Лишь в редких случаях рухляк выветривания остается в неизменном состоянии на месте своего образования. Он обыкновенно подвергается сортировке движущейся водой, льдом, ветром и под влиянием силы тяжести.

Перенос частичек породы в областях с значительным количеством атмосферных осадков начинается с работы движущейся воды. В этих влажных областях образуется при выветривании глина, которая, обладая связностью, препятствует разнесению частичек породы ветром. Наоборот, в областях с малым количеством атмосферных осадков преобладает термическое выветривание, и частички рухляка легко передвигаются ветром, так как они не сцементированы глиной, а следовательно, порода не обладает связностью.

Частички глины, вследствие своей чрезвычайной измельченности, обладают способностью легко *взмучиваться* в воде, образуя так называемую *суспензию*, и они неопределенно долгое время могут оставаться в таком состоянии. Поэтому капли дождя и струи снеговых вод взмучивают глину. Те же струи, стекая с повышений рельефа в его понижения, сносят с собой глину, а также и другие мелкие механические элементы рухляка в соответствии с быстротой движения воды этих *делювиальных потоков* и с количеством воды, их составляющей. В ручьях, речках и реках, в зависимости от *изменения быстроты* их течения, отлагаются частички различной крупности. Наиболее же мелкие частички глины уносятся реками в озера и моря, постепенно заполняя их бассейны.

Не все делювиальные потоки достигают ручьев и рек или так называемых аллювиальных, постоянных потоков воды; только потоки весенней снеговой воды и потоки, образуемые ливнями и затяжными обложными дождями, достигают русел аллювиальных потоков.

Делювиальные потоки, возникающие после менее обильных и продолжительных дождей, рассасываются по массе самой породы вскоре после прекращения дождя или распределяются по мелким углублениям (микрорельефу) поверхности породы.

Таким образом происходит постепенное передвижение мелких частичек породы вниз по склону рельефа. На всем склоне образуются отложения так называемого *делювия*, который, очевидно, будет более *мелкочастичным*, чем первоначальная порода, из которой он образовался. Оставшаяся в верхних частях склонов, обедненная мелкими частичками порода носит название *элювия* первоначальной породы и, очевидно, отличается большей *крупночастичностью*.

Освобожденный от глины элювий породы легко переносится ветром. Под напором струй воздуха отдельные песчинки начинают перекатываться по направлению ветра, пока не встретится препятствие. У такого препятствия постепенно скопляется горка песка, по которой ветер вкатывает песчинки. Достигнув вершины горки, песчинки под влиянием силы тяжести скатываются вниз, образуя так называемый *естественный откос*. Когда изменяются направление и скорость ветра, новые песчинки *крупности, соответствующей новой скорости ветра*, навиваются со стороны нового направления ветра к образовавшемуся ранее бугру. Таким путем образуются *бугристые пески* с их характерной перекрещивающейся в разных направлениях *диагональной слоистостью*.

Во время сильных ветров песчинки с большой силой ударяются о препятствия, которыми чаще всего бывают более крупные элементы элювия — камни и хрящ.

При этих ударах обкалываются острые углы и ребра песчинок, и они принимают округленные, «окатанные» формы. Удары песчинок также постепенно облачивают все острые, выдающиеся части камней и хряща и выбивают более мягкие элементы обломков горных пород, оставляя более твердые элементы породы в виде гребней (рис. 4 и 5). Таким образом получают фантастические формы «сотовых» и «курчавых» камней (рис. 6, 7 и 8). Так как ветер постепенно выносит из-под камней подстилающие их частички породы, они постепенно под влиянием тяжести теряют равновесие, перекашиваются и подставляют под удары песчинок новые поверхности. Поэтому камни такого «ветрового» элювия бывают обточены ветром равномерно со всех сторон.



Рис. 4. Разрушение ветром мягких пород на горе Богдо Сталинградской области (рис. акад. А. П. Павлова).

Вследствие свивания песчинок элювия в бугристые пески, обнажаются все новые горизонты неизменной породы, и делювиальные процессы получают все новый материал для сношения вниз по склону.

Ветер не только передвигает песок перекачиванием, но мелкий песок и пыль подхватываются им и разносятся во все стороны вокруг областей распространения элювия, т. е. вокруг наиболее повышенных частей рельефа. Понятно, что наибольшее количество сносимого материала откладывается в верхних частях склонов, на которые заносится песок даже слабыми ветрами.

Из всего вышесказанного вытекает, что в распределении механических элементов поверхностных горизонтов рухляковых пород невыровненного состава должна наблюдаться известная правильность.

Действительно, наиболее повышенные элементы рельефа, так называемые водоразделы, бывают часто покрыты бугристыми песками.

Понижения между песчаными буграми заполнены грубыми хрящевыми и каменистыми породами ветрового элювия. На верхней трети склонов значительного развития достигают песчаные породы элювия.

Спускаясь ниже по склону, мы в последовательном порядке находим супесчаные и суглинистые породы, и на третьей трети склона представлена область делювиальных глинистых пород, тяжесть которых, т. е. содержание в них глины, растет по мере приближения к подошве склона.



Рис. 5. Вынесенные ветром мягкой породы (железистый шпат) из твердой (кварцит). Валун с террасы р. Цны, Шацкий р-н Рязанской области.

Главнейшие из этих элементов следующие: *фосфор, сера, калий, кальций, магний и железо*. Кроме того, почва должна содержать минеральные соединения азота.

Кроме деятельности делювиальных потоков воды и работы ветра, огромное значение в распределении продуктов выветривания по поверхности суши имеют работа постоянно текущих потоков воды *аллювиальных вод* и работа *ледников*. Работа этих агентов будет рассмотрена в дальнейшем.

Участь элементов пищи растений при выветривании. Если сопоставить то, что было сказано во введении относительно числа элементов пищи, требуемых растениями, с тем, что изложено в настоящей главе, видно, что в *рухляковой породе совсем не содержится элементов пищи растений*, если не считать железа, в котором почти никогда нет недостатка.

Растения предъявляют к почве требование содержания в ней ряда элементов золы.



Рис. 6. Ячеистая поверхность валуна, образованная ветром (Памир, ст. Гурумды).

Выше уже рассмотрена участь соединений калия, кальция и магния. Они при выветривании неизбежно переходят в углекислые соли своих окисей и также неизбежно подвергаются вымыванию. Фосфор и сера содержатся во всякой первичной горной породе в форме так называемых *микролитов*, микроскопических кристаллов минералов, взвешенных в жидкой углекислоте, заключенных в микроскопические полости, вакуоли, господствующих минералов породы. Фосфор содержится в виде микроскопических кристаллов *апатита*, трехосновной фосфорнокальциевой соли. Сера содержится в форме микроскопических же кристаллов *пирита*, двухсернистого железа.

При измельчении горной породы под влиянием выветривания эти кристаллы освобождаются от своей каменной оболочки. При этом фосфорнокислый кальций,

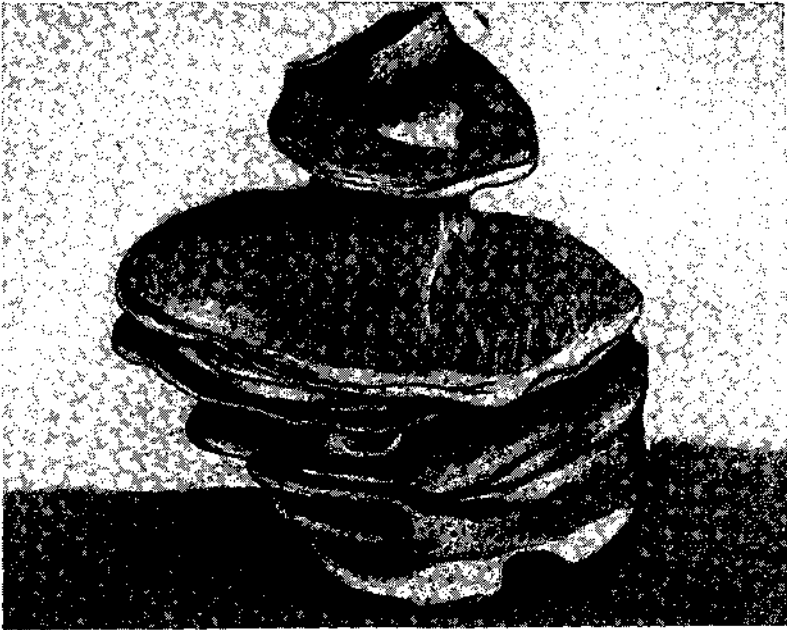


Рис. 7. Мягкий песчаник, обточенный ветром (Малодербетовский улус Калмыцкой АССР).

сравнительно хорошо растворимый в воде, содержащей угольную кислоту, легко подвергается вымыванию из рухляковой породы. Освобожденное сернистое железо, пирит, немедленно окисляется, обращаясь в серную кислоту и сернокислую закись железа. Последняя соль окисляется еще дальше и, наконец, обращается в серную кислоту и окись железа, которая и остается на месте. Получившаяся в результате той и другой реакции свободная серная кислота немедленно нейтрализуется углекислыми солями, образующимися при выветривании силикатов и алюмосиликатов. Получаются сернокислые соли натрия, калия, магния и кальция; из них первые три легко растворимы в воде, последняя, *гипс*, труднее растворима, но не настолько, чтобы не быть легко выщелоченной из породы вместе с другими солями.

Немногом лучше обстоит дело с осадочными породами, в которых фосфорнокислая соль входит в состав остатков организмов или встречается в форме конкреций. В той и другой форме фосфат кальция от быстрого выщелачивания до некоторой степени защищен органическим веществом (хитином), которое его обыкновенно облекает. Кроме того, в осадочных породах, особенно в известняках, как в породах органогенных, фосфор сконцентрирован в гораздо больших относительных количествах, чем в породах первичных.

Оба эти обстоятельства обуславливают гораздо более медленный темп выщелачивания фосфора из осадочных пород. Сера в осадочных породах заключается так же, как и в породах первичных, в виде двухсернистого железа, но в форме минерала *марказита*, который выветривается скорее пирита.

Химическое выветривание внесло в рухляковую породу существенное изменение. Оно обогатило породу новым элементом, чуждым рухляку термического выветривания, элементом с ярко выраженным новым свойством.

Это свойство — функция чрезвычайного относительного развития поверхности, и оно резко сказывается в том, что в породе появилось новое свойство *связность*, обязанная своим присутствием отложению в массе породы *аморфных частичек* ила мельче 0,001 мм в диаметре.



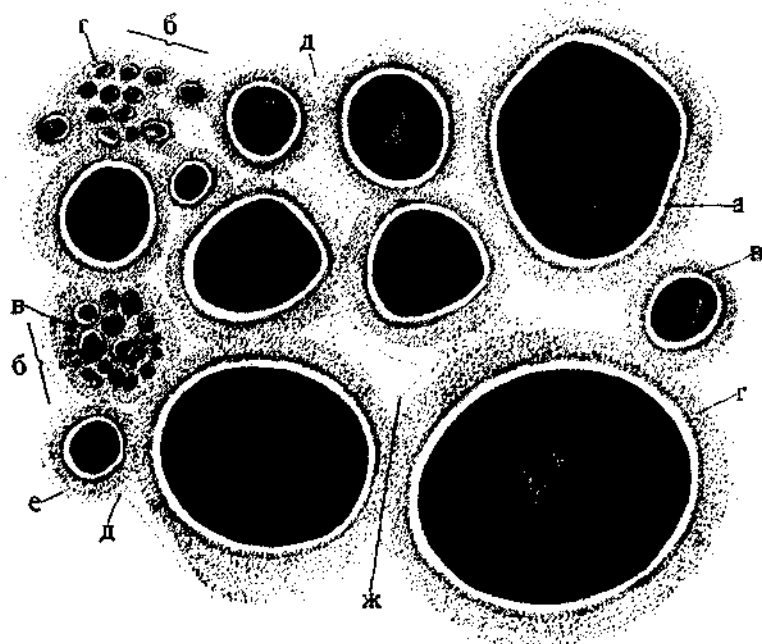
Рис. 8. «Икурчавый» камень — валун, обточенный и отшлифованный песками (Памир, ст. Гурумды).

Немаловажное значение имеет и отложение в массе породы частичек *аморфной кремневой кислоты* крупностью от 0,01 до 0,001 мм. Их значение состоит в том, что они заполняют большие промежутки между крупными *кристаллическими* элементами рухляка. Они влияют на уменьшение количества ила, необходимого для придания всей массе породы связности. Масса породы, вследствие их присутствия, перестала быть простым сыпучим агрегатом частичек, — она обратилась в *пористое тело*.

Разница между этими двумя состояниями очень велика, она качественная. В новой породе обособился ряд новых свойств нового порядка. Порода стала обладать *волосными* или *капиллярными* свойствами. Эти новые свойства изменили отношение породы к внешней среде, и резче всего это изменение проявляется в отношении породы к воде и к растворам солей.

Отношение почвообразующих пород к воде. В рухляке термического выветривания отношение к воде выражалось только в проницаемости породы. После прекращения притока воды к поверхности породы вся вода из массы породы под влиянием силы тяжести стекала, кроме ничтожного количества ее, задержанного на поверхности частиц породы в виде тонкого слоя и в виде отдельных разрозненных менисков в точках и линиях соприкосновения частичек породы.

Вода передвигается в такой породе по законам свободного падения или по законам гидростатического давления, лишь *количественно* измененных процессами трения и прилипания.



Р и с. 9. Распределение воды и воздуха в массе почвы.

а — частички почвы, *б* — комки почвы, *в* — слой гигроскопической воды, *г* — пленочная вода вокруг каждой частички почвы, *д* — мениск волосной воды между частичками и комками, *е* — водосная вода, *ж* — полости воздуха (по Е. О. Филлипу).

Отложение между элементами породы тонких аморфных частичек слило все промежутки породы в одну сплошную волосную сеть, одинаково развитую во всех направлениях. В такой массе вода передвигается уже по законам *волосности*. Она передвигается независимо от силы тяжести или давления всегда в *направлении от более влажных частей породы к менее влажным*. Скорость этого движения *прогрессивно-замедленная*.

Величина параметра прогрессии скорости затухания этого движения зависит от начальной скорости движения. Чем *больше* начальная скорость, тем *быстрее* затухает движение, и, наоборот, чем начальная скорость движения *меньше*, тем оно продолжительнее и тем *медленнее* оно затухает.

В такой породе вся вода из капельно-жидкого состояния обращается в *волосную*.

Очевидно, что наряду со свойством волосности новая порода приобретает и свойство *влагеёмкости*, т. е. начинает развиваться один из элементов плодородия почвы, *способность производить запас воды*.

Вместе с тем ясно, что запас воды, произведенный такой породой, не обладает еще достаточной прочностью. Вся масса породы обладает однородной волосностью, и весь запас воды в ней всегда готов *всей своей массой* направиться туда, куда направит его единственный стимул, определяющий направление и скорость его движения, *разность потенциалов влажности*.

Развитие агрегатного состояния почвообразующей породы. Одновременно с волосным процессом и под влиянием той же основной причины обогащения рухляком илом и аморфной кремневой кислотой в породе, возникшей в результате химического выветривания, развивается и другой порядок процессов.

Под влиянием чрезвычайного развития внутренней поверхности породы частичные силы этой поверхности начинают проявлять свойства коллоидальной среды. Огромная поверхность иловатых частичек равномерно распределена по поверхности частичек аморфной кремневой кислоты. Вследствие того, что аморфная кремневая кислота заполняет все промежутки между кристаллическими элементами породы, последние как бы *насквозь пропитаны* массой частичек ила.

Огромная поверхность частичек каолина, окиси железа и окиси марганца, а также, вероятно, и аморфной кремневой кислоты начинает играть роль, близкую к роли осадков, находящихся в состоянии коллоидального измельчения. На поверхности их частичек *концентрируется часть тех солей, из взаимодействия которых они произошли*. Эти соли, удерживаемые на поверхности частичек составных элементов ила силой частичного притяжения, *реактируют с циркулирующими в массе породы растворами солей, обмениваясь с ними в эквивалентных отношениях анионами и катионами*. В породе начинается развитие нового свойства, *поглотительной способности*, которое будет рассмотрено в дальнейшем.

Здесь уместно будет указать только на значение этого свойства, *поглотительной способности, или адсорбции*. Обыкновенно предполагают, что это свойство прямо выражает способность породы удерживать в себе запас зольной пищи растений. Адсорбция это свойство проявляет лишь косвенно, и ее преобладающее значение иного порядка.

Под влиянием химического выветривания в рухляке образуется *углеизвестковая соль*. Большая часть этой соли вымывается из породы, но часть ее удерживается силой частичного притяжения на поверхности иловатых частичек рухляковой породы.

Значение этого процесса очень велико. Под его воздействием механические элементы породы поддерживаются в состоянии *агрегатов*. Вся масса породы расчленяется на отдельные самостоятельные агрегаты, или *системы*. Причины этого процесса мне пока неясны.

Все процессы в таких агрегатах протекают совершенно изолированно от других агрегатов. Особенно большое влияние эта изолированность агрегатов оказывает на связность породы и на ее водный режим. *Связность каждого отдельного агрегата может быть очень велика, но связность всей массы породы выражена очень слабо*, так как поверхность соприкосновения агрегатов друг с другом очень не-

велика по сравнению с величиной поверхности соприкосновения между собой механических элементов, слагающих агрегаты.

То же касается и отношения агрегатной породы к воде. *Проницаемость породы очень велика*, ибо, попав в массу породы, вода сразу всасывается агрегатами и в них принимает свойства волосной воды, и так как агрегаты изолированы друг от друга, то и *вода в них становится совершенно неподвижной*.

Тем самым волосные ходы самой массы рыхляковой породы остаются открытыми для дальнейшего волосного движения. Таким образом непрерывно парализуется закон прогрессивного затухания скорости волосного движения воды, и агрегатная порода приобретает свойства так называемой *всасывающей* породы. Запас воды в агрегатах такой породы приобретает свойство обеспеченности, — он не передвигается волосным движением.

Но когда порода, обладающая агрегатным состоянием, по той или другой причине лишается углекислой извести, *агрегатное состояние породы переходит в раздельночастичное*. В таком состоянии порода приобретает большую связность, и вся вода в ней сливается в одну сплошную подвижную массу волосной воды.

Из всего вышеизложенного необходимо сделать один основной вывод, что *из горной породы только процессы выветривания почвы создать не могут*. Эти процессы могут только подготовить горную породу к процессу образования из нее почвы, положить только начало возможности развития тех отношений к воде и элементам пищи растений, одновременное наличие которых составляет существенный признак почвы, ее *плодородие*.

Под воздействием процессов выветривания из массивной горной породы образуется рыхляковая порода, которая обладает только зачатками существенного свойства почвы. Такие породы носят название *почвообразующих*, или *материнских*, пород, и совокупность процессов, путем которых на почвообразующей породе развивается почва, носит название *почвообразовательного процесса*.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ОБЩАЯ СХЕМА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Накопление в почве элементов пищи растений. — Большой, геологический круговорот веществ. — Поглощительная способность почвы. — Избирательность поглощительной способности почвы. — Избирательная поглощительная способность — свойство зеленых растений, а не почвы. — Синтез и разрушение органического вещества как сущность почвообразовательного процесса. — Малый, биологический круговорот вольной и азотной пищи растений. — Количественная ограниченность биологически важных элементов. — Группы наземных зеленых растений. — Отложение отмершего органического вещества группами зеленых наземных растений. — Группы низших бесхлорофилльных растений. — Растительные формации в аспекте почвообразования. — Перегнойные вещества почвы. — Природный перегной как продукт синтеза низших незеленых растений. — Лизиметры. — Природные перегнойные кислоты. — Ульминовая кислота. — Гуминовая кислота. — Креновая или ключевая кислота. — Апокреповая или осадочноключевая кислота. — Анаэробное разложение органического вещества в природных условиях. — Аэробнобактериальное разложение органического вещества в природных условиях. — Разложение мертвого деревянистого органического вещества грибным процессом.

Рухляковая порода, из которой развивается почва, для того чтобы стать последней, должна накопить ряд количественных изменений, которые в своей общей совокупности сложатся в качественный признак, в существенное свойство почвы, *плодородие*. Во время процесса выветривания тем же путем в породе постепенно возникают и развиваются свойства, обеспечивающие развитие *первого элемента плодородия, отношения к воде*. Сначала возникает проницаемость, далее развилась волосность, наконец, появились зачатки влагоемкости. Каждое из этих отдельных свойств в своем высшем проявлении представляет как бы антитезу другого. Большая проницаемость, т. е. крупность промежутков между частицами почвы, исключает большую волосность. Сильно выраженная волосность мешает проявлению значительной влагоемкости, так же как при высшем развитии влагоемкости окончательно затухает волосность. Между тем осуществление условий плодородия требует наличия одновременного присутствия всех этих свойств в их ясном выражении.

Накопление в почве элементов пищи растений. Одновременно в почвообразующей породе для осуществления наличия *второго элемента плодородия* должны *скопиться* в возможно большом количестве и в усвояемых соединениях элементы пищи, необходимые для построения органического вещества.

Все необходимые зольные элементы находятся в горных породах, но в совершенно различных количественных соотношениях, причем количественное содержание элементов пищи растений в горных породах находится почти в правильном обратном отношении к величине потребности в них растений. Наибольшие требования растения предъявляют к азоту, — в горных породах азота совсем не содержится. Далее следует фосфор, требуемый растениями также в значительных количествах, — в горных породах фосфор содержится в таких ничтожных количествах, в состоянии такого редкого рассеяния по всей массе породы, что присутствие его во всех породах удалось установить лишь после выработки очень точных способов его определения. Далее в нисходящем порядке следуют калий и сера; они присутствуют в породах уже в значительных количествах. Затем кальций и магний, требуются растениями в очень малых количествах, и в породах их почти всегда избыток. Наконец, ничтожная потребность растений в железе и марганце встречает почти неограниченное количество их в породах.

Из рассмотрения процессов выветривания с очевидной ясностью вытекает, что этот процесс ни в какой мере не может служить объяснением факта концентрации в почве элементов пищи растений. Процесс выветривания служит только первоначальным толчком для перевода веществ пищи в усвояемое растениями

состояние, в форму растворимых в воде соединений или для освобождения их от каменной оболочки горных пород.

Большой, геологический круговорот веществ. Но самый факт обращения элементов пищи растений при процессе выветривания в растворимое в воде состояние подчиняет их *большому, геологическому круговороту веществ.*

Вода беспрерывно испаряется с поверхности океана, падает дождем на поверхность суши, пропитывает кору выветривания, растворяет в ней все растворимое и в реках уносит все растворенное в океан. Часть унесенных этим путем элементов пищи растений усваивается планктоном моря и дальше, служа пищей рыбам, вновь возвращается на сушу с вылавливаемой птицами, животными и человеком рыбой. Но преобладающее количество элементов пищи растений остается в океане в виде отмерших организмов и их отбросов, принимая участие в образовании осадочных горных пород. Пройдут геологические эпохи, пока эти породы станут сушей. Очевидно, что почва должна обладать способностью удерживать и таким путем концентрировать элементы пищи растений.

Поглотительная способность почвы. В самые ранние периоды развития почвоведения предполагали, что во время выветривания горных пород в рухляке образуются из продуктов выветривания новые минералы, водные силикаты, которые подобно минералам *цеолитам*, обмениваясь основаниями с солями, образующимися при выветривании породы, способны удерживать элементы пищи растений в почве. Эти минералы называли *почвенными цеолитами* и считали, что они содержатся в тончайшей глинистой части почвы и от количества их зависит степень так называемой *поглощательной способности почвы*, или ее адсорбции.

Это представление было скоро опровергнуто. Оно противоречит основному закону, по которому *конечные продукты процесса не могут войти во взаимоотношения при термодинамических условиях своего образования.* Цеолиты — минералы *глубинные* и на дневной поверхности земли быстро подвергаются выветриванию с образованием знакомых нам конечных продуктов выветривания алюмосиликатов.

Если взять три почвы, супесь, суглинок и торфяную, то окажется, что поглотительная способность супеси едва выражена, она очень сильна в суглинке и в торфяной почве выражена настолько, что поглощенные ею основания становятся даже недоступными растениям. Между тем глинистых элементов, количество которых должно было бы определять степень поглотительной способности почв, содержится в супеси и в суглинке одинаковое количество (около 4%), а в торфяной почве их совсем нет.

Наконец, можно привести такое соображение: наш кишечный канал обладает несомненной поглотительной способностью. Из сложнейшей пищевой смеси он поглощает те минеральные элементы, которые нужны организму, — фосфор, известь, серу. Неужели можно из этого сделать заключение, что у нас в кишках находятся *цеолиты*?

Повидимому, не стоило бы останавливаться на таких архаизмах, но еще до сих пор приходится встречаться с указаниями на цеолиты почвы. И до сих пор еще пользуются «методом аналогии» для построения «научных» гипотез, особенно часто в области почвоведения.

Указывали далее на абсорбцию и на адсорбцию как на причины концентрации в почве элементов пищи растений. Но, как будет видно дальше, абсорбируются не основания или кислоты, а соли или молекулы. Адсорбируются так называемые обменные основания, т. е. катионы ионизированных молекул, которые в адсорбированном состоянии сохраняют способность обмениваться в эквивалентных отношениях со всеми другими катионами присутствующих в почвенном растворе солей оснований с сильными кислотами. Поэтому *адсорбированные основания представляют чрезвычайно подвижный комплекс соединений, которому совершенно чужда функция накопления и концентрации.* Кроме того, адсорбция совершенно лишена *избирательной способности.*

Избирательность поглотительной способности почвы. Между тем почва отличается от образующего ее рухляка именно своей *избирательной способностью концентрировать и накапливать элементы зольной пищи растений.*

Сопоставление и анализ ряда процессов, наблюдаемых в природе, привели к верному объяснению причин основного отличия почвы от материнской породы. Уже пример приведенного в предыдущей главе увеличения содержания концентрации фосфора в осадочных известняках дает ясное представление о характере процесса. Избирательная поглотительная способность кишечного канала высших животных, приведенная выше как пример суждения по аналогии, дает подобное же указание; повышенная поглотительная способность торфяных почв — все это процессы одного порядка. Обогащение почвы азотом, вследствие роста на ней бобовых, усваивающих свободный азот воздуха, тоже факт, в котором биологические процессы неизменно связаны с концентрацией жизненно-важных элементов.

Нам известно только одно состояние минерального вещества, совершенно защищенного от растворения в воде, это — состояние живого органического вещества. Как только органическое вещество отмирает, его элементы мине-

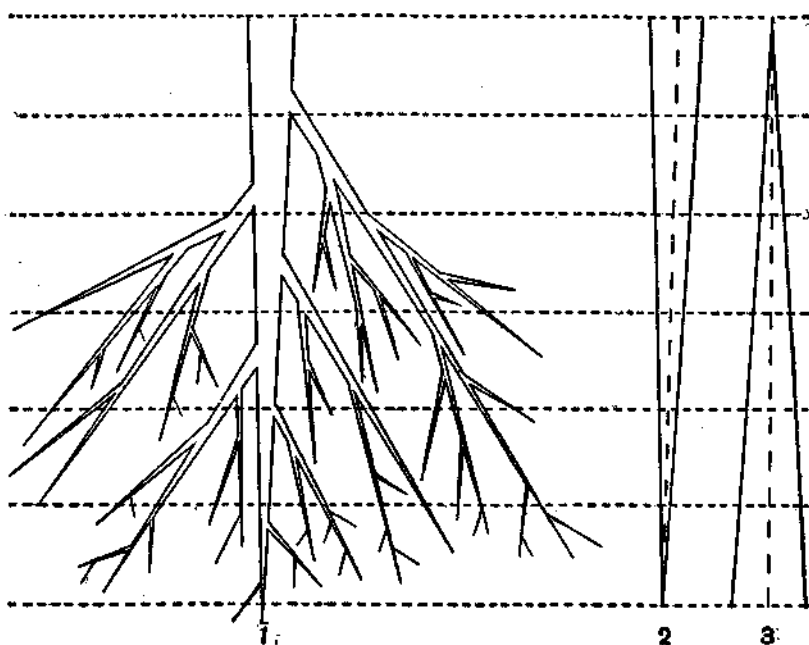


Рис. 10. Схема распределения массы и длины корневой системы зеленых растений по горизонтам почвы: 1—общая схема, 2—масса корневой системы, 3—длина корневой системы.

рализуются, тотчас делаются растворимыми в воде и поступают в большой геологический круговорот воды. Они устремляются по направлению к океану, где на геологические периоды будут погребены в недоступных биологическим элементам суши глубинах.

Избирательная поглотительная способность — свойство зеленых растений, а не почвы. Самое общее представление о причине концентрации зольных элементов пищи растений и азота в поверхностных горизонтах рыхляковой породы легко составить на основе анализа распределения массы корневой системы зеленых растений и ее длины в послойно углубляющихся горизонтах почвы или породы. Всякому известно, что если из рыхлой почвы выкопать любое растение и отмыть приставшую к его корням землю, то вынутые из воды корни расположатся в форме конуса, обращенного основанием вверх и вершиной вниз. Если высушить полученную таким образом корневую систему и разрезать ее по длине на равные отрезки, то взвешиванием легко установить, что наибольший вес или масса корней расположена сверху. По мере удаления от поверхности в глубину масса корней уменьшается (рис. 10).

В диаметрально противоположном направлении развита длина корней по горизонтам. В поверхностном горизонте мы видим всего несколько наиболее толстых корней или один главный корень. Чем глубже мы будем опускаться по горизонтам вниз, тем все больше будут ветвиться корни и одновременно они будут становиться все тоньше.

Припомним также, что всасывание корнем воды осуществляется только посредством корневых волосков и что только в состоянии водного раствора элементы золы и соединения азота могут проникнуть в корень. Продолжительность существования корневых волосков не превышает одних суток, и на участке корня, на котором отмерли корневые волоски, они уже больше не возобновляются, кожа корня превращается в пробковую ткань, и поступление воды в растение через этот участок корня прекращается.

Ясно, что главная масса элементов поступает в корень из нижних горизонтов почвы, в которых длина молодых корней наиболее развита, и следовательно, глубокие горизонты породы обедняются сильнее верхних элементами золы и азотом.

Усвоенные из почвы элементы золы и азот откладываются растением в синтезированном им органическом веществе. И если даже пренебречь надземной массой, то и в корневой системе эти элементы распределяются пропорционально массе органического вещества, т. е. преимущественно в верхних горизонтах породы. В них же проникают после разрушения надземных частей растений нелетучие части органического вещества.

Таким образом самый факт биологического процесса роста и развития растений, а следовательно, и образования органического вещества заключает в себе моменты, которые приводят к развитию второго элемента плодородия почвы, концентрации в ней элементов зольной пищи растений и азота.

Синтез и разрушение органического вещества как сущность почвообразовательного процесса. Само собой понятно, что приведенный процесс представляет лишь самую общую, самую широкую схему. В природном проявлении мы встречаем чрезвычайно сложный комплекс процессов, развертывающихся на общем фоне этой руководящей схемы.

Прежде всего в основной процесс вливается другой, также биологический, но противоположный первому процесс разрушения органического вещества гетеротрофными организмами.

Малый, биологический круговорот зольной и азотной пищи растений. Оба процесса неразрывно взаимно связаны, составляя в совокупности малый, биологический круговорот зольной и азотной пищи растений.

Этот биологический круговорот развертывается на части траектории большого, геологического круговорота веществ в природе, и выяснение преобладающего направления и темпа процессов, слагающих биологический круговорот, и представляет задачу первого раздела почвоведения как науки. Изучение же способов регуляции направления и темпа явлений, слагающих те же процессы, составляет задачу второго раздела почвоведения, земледелия.

Прежде чем перейти к изучению отдельных моментов почвообразовательного процесса, необходимо установить следующее основное положение.

Развитие второго элемента плодородия почвы, концентрации в ней элементов пищи растений, представляет функцию развития самого растения на рухляковой почвообразующей породе.

Вместе с тем уже выше было выяснено, что под влиянием процессов выветривания элементы пищи растений неминуемо подвергаются выщелачиванию из рухляка выветривания.

Из сопоставления этих двух положений с очевидностью вытекает третье, основное положение. Очевидно, что оба цикла процессов, и выветривания, и почвообразования, должны неминуемо протекать одновременно и совместно.

Процесс почвообразования не может ни предшествовать процессу выветривания, ни осуществляться по окончании процесса выветривания. Первый случай неосуществим вследствие того, что основной фактор почвообразовательного про-

песса, растительный организм, не будет иметь необходимой ему воды. Во втором случае тот же растительный организм будет лишен зольных элементов пищи.

Оба процесса должны осуществляться в порядке развития одновременно и совместно, и степень развития одного неминуемо определит степень развития другого.

Количественная ограниченность биологически важных элементов. В основе малого или биологического круговорота веществ на земном шаре лежит свойство всех элементов земли, *их количественная ограниченность*. В особенно выраженной форме это свойство касается элементов зольной пищи растений, без которых невозможно создание органического вещества, носителя потенциальной энергии, преобразованной зелеными растениями из кинетической энергии солнечного луча.

Едиственный способ придать элементу конечному, количественно ограниченному, свойство бесконечного — это придать ему циклическое движение, заставить его вращаться в круговороте.

Природа широко использует этот принцип. Он покоится в основе симбиотических отношений между категориями организмов, которые путем продолжительного природного отбора выработали эти взаимоотношения. Ими из большого абиотического круговорота веществ на земном шаре вырывается ряд элементов, которые, постоянно увлекаемые в новый, малый, по сравнению с большим, биологический круговорот, надолго, если не навсегда, вырываются из траектории большого круговорота и вращаются непрерывно расширяющейся спиралью в обратном направлении в малом, биологическом. На безжизненном фоне геологических процессов возникает и развивается жизнь.

С точки зрения почвоведения жизнь есть непрерывная смена процессов создания и разрушения органического вещества. Так как эта непрерывная смена производит как непрерывные, так и скачкообразные изменения в условиях среды, в которой она совершается, то всякое новое поколение живого, наиболее приспособленное к новым условиям, должно нести в себе отличия, определяемые новыми условиями среды. Накапливаясь, эти изменения неминуемо приводят к глубоким качественным различиям, которые в геологической перспективе мы воспринимаем как эволюцию. Плавность ничтожных количественных изменений часто ускользает от нашего внимания. Мы их воспринимаем лишь тогда, когда они сложились в качественное различие, в скачок. Качественные различия скачков мы и воспринимаем как революционные моменты эволюции.

Почвообразование представляет один из следов этого непрерывного процесса эволюции жизни на земной поверхности. *Это один общий, грандиозный по масштабу и продолжительности процесс, зародившийся в то время, когда термодинамические и электрохимические условия безжизненных процессов развития земли определили появление жизни, которая в дальнейшем своем развитии определяет и смену геологических эпох.* Но наука была в состоянии уловить лишь наступление качественных изменений эволюции почвообразования, которые и отличала как *периоды, стадии и фазы* его развития в современную геологическую эпоху.

При изучении взаимоотношения процессов создания и разрушения органического вещества необходимо разобраться в общих свойствах организмов, участвующих в процессах, и в совокупности последствий их жизнедеятельности, составляющей сущность процесса почвообразования.

Из организмов, создающих органическое вещество, в почвоведении будут рассмотрены преимущественно *наземные зеленые растения*. Хемотрофные организмы будут рассмотрены лишь постольку, поскольку их участие в почвообразовательном процессе уже изучено.

Из организмов, разрушающих органическое вещество, в почвоведении рассматривается лишь деятельность *бесхлорофильных растений*. Про участие животных и человека обыкновенно говорят, что оно мало изучено и не укладывается еще в рамки систематического изложения. Если это утверждение и справедливо по отношению к низшим животным, то оно совершенно не приложимо к



Рис. 11. Калифорнийская гигантская сосна (*Sequoia gigantea*) в Йосемитском национальном парке в Калифорнии. Возраст 7 800 лет.

влиянию высших животных и человека. Оно настолько полно изучено, что уже представляет предмет особого раздела почвоведения, земледелия.

Группы наземных зеленых растений. С точки зрения участия в почвообразовательном процессе все разнообразие наземных зеленых растений, обладающих корневой системой, укладывается в две основные группы: растений *деревянистых* и растений *травянистых*.

Отличие этих двух групп можно свести к нескольким моментам.

Растения *деревянистые* все *многолетние*. Продолжительность их жизни измеряется десятками лет, часто столетиями, иногда тысячелетиями. В противоположность первой группе растения *травянистые* — *однолетники*. Это утверждение как

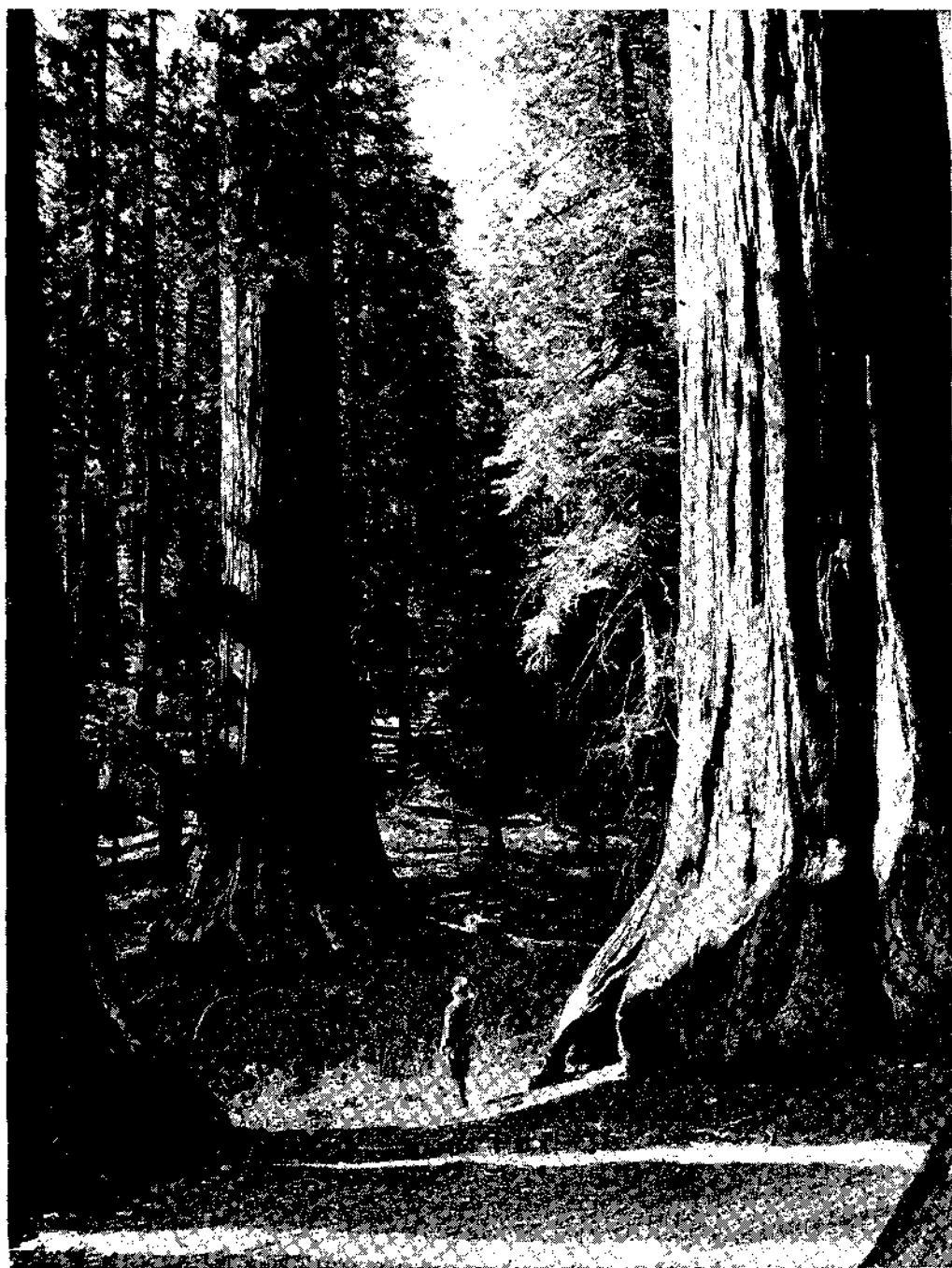


Рис. 12. Группа калифорнийских гигантских сосен (*Sequoia gigantea*).

будто противоречит существованию «многолетних» злаков, осок, ситников, луковичных. На самом деле, у этих растений все вегетативные органы, стебли, листья и корни, существуют только один год, и все растение целиком ежегодно отмирает, кроме созревших семян и подземных побегов, из которых на следующий год развивается новое растение с новой корневой системой, вновь целиком отмирающее после созревания семян и зимующих побегов.



Рис. 13. Баобаб, окружность ствола 26,2 м, близ водопада Виктория (Центральная Африка). Продолжительность жизни баобаба достигает 4 000 лет (из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 2).

Однолетние травянистые размножаются только семенами, которые могут быть отнесены на большие расстояния от материнского растения. «Многолетние» травянистые, кроме семян, размножаются еще и подземными зимующими побегами. Последние отходят от материнского растения на незначительное расстояние и на следующий год развиваются рядом с местом, занимавшимся отмершим материнским растением, создавая этим иллюзию многолетности.

Группу действительно многолетних травянистых растений составляют только мхи, зеленые и сфагновые, которые занимают особое место в почвообразовательном процессе, но у них совершенно отсутствует корневая система.

Соединительное звено между многолетними и однолетними растениями составляют две группы растений. К первой принадлежат многолетние травянистые

бобовые и немногие другие, у которых ежегодно отмирают все надземные органы, но корни и травянистая корневая шейка живут несколько лет, образуя ежегодно новые надземные стебли и поверхностные корни. Их можно назвать *полутравянистыми*.

Вторая группа — так называемые *полудеревянистые* растения, или *полустарники*, которые, кроме многолетней корневой системы, обладают еще и подземными деревянистыми стеблями или *деревянистой* простой или разветвленной корневой шейкой или пеньком. Из этих деревянистых подземных органов развиваются ежегодно отмирающие травянистые стебли.



Рис. 14. Кипарис, 48,8 м вышины и 48,8 м окружность ствола, близ г. Оаксака в Мексике. Возраст его больше 2 000 лет (фото К. Эдамса из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLV, № 5).

Кроме разобранного основного отличия, группа деревянистых растений отличается еще и тем, что все органы их содержат значительное количество *древесины*. Древесина придает всем частям деревянистых растений свое существенное свойство, *упругость*, степень которой возрастает вместе с увеличением влажности части деревянистого растения.

Вместе с древесиной все части деревянистых растений пропитаны *дубильными веществами*, как растворимыми в воде, так и их нерастворимыми производными (рис. 16). Эти вещества придают всем частям деревянистых растений *характерный вяжущий вкус*.

Кроме дубильных веществ, во многих деревянистых растениях, например в хвойных и вересковых (?), содержатся и *настоящие смолы*. Смолы представляют раствор смеси *свободных смолевых кислот*, пимаровой, абиегиновой, силъбиновой и других, в смеси углеводов, в скипидаре.

Эти кислоты после отгонки скипидара получают в виде всем известной *канифоли*.

В противоположность деревянистым все травянистые растения содержат лишь небольшое количество древесины, почему их органы и отличаются лишь *малой упругостью* в сухом состоянии и совершенно утрачивают ее в мокром или влажном состоянии. Они не обладают и устойчивой кислой реакцией. Кислый

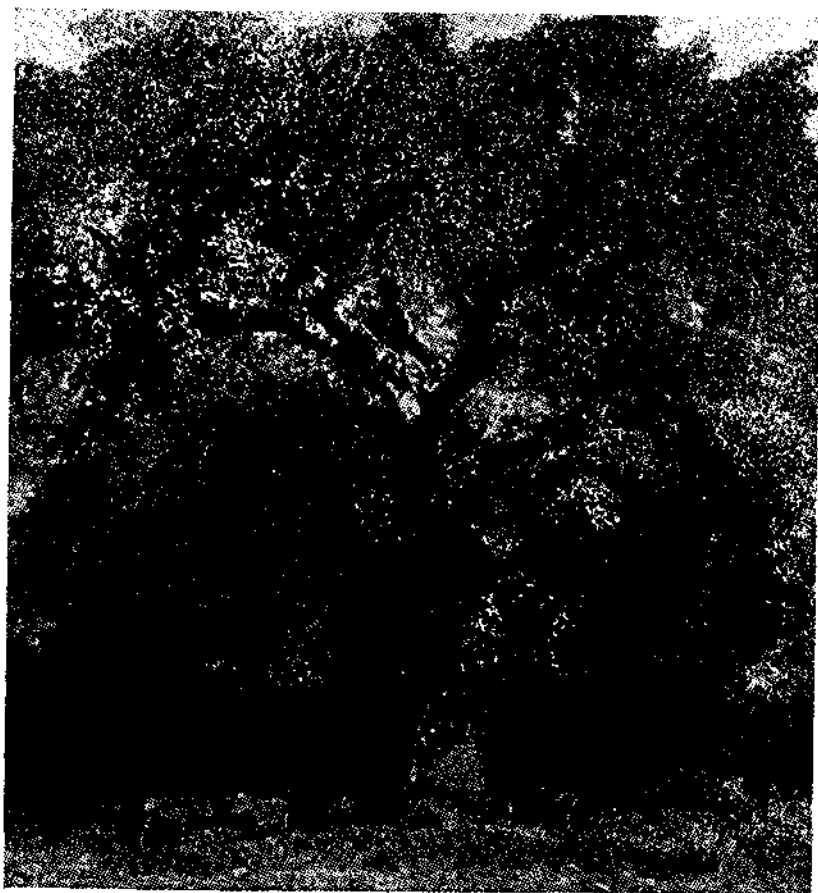


Рис. 15. Смоковница. Абиссиния, близ Аддис-Абебы. Продолжительность жизни смоковницы больше 1000 лет (фото Г. Харлана из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 6).

вкус некоторых травянистых растений зависит от содержания в их *клеточном соке* кислых солей и свободных кислот, щавелевой, яблочной, лимонной, реже других. Эти соединения только *растворены в клеточном соке*, а не пропитывают вещества тканей, и поэтому после отмирания растений легко вымываются дождевой водой из мертвых остатков, которые вскоре после отмирания приобретают *нейтральную реакцию*.

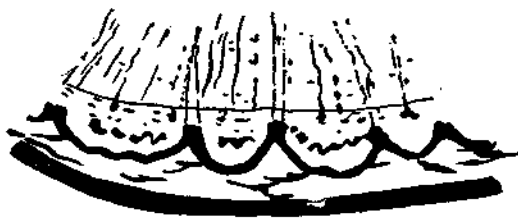


Рис. 16. Дубильные вещества в коре и древесине бука (по М. Büsgen, *Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas*, 1911).

Сопоставляя все вышеизложенное, мы найдем глубокую разницу во влиянии этих двух групп растений на ту среду, в которой они развиваются.

Отложение отмершего органического вещества группами зеленых наземных растений. Деревянистые рас-

тения отлагают в течение года мертвое органическое вещество, отпадающие листья или хвою, отмершие ветви, чешуи коры и т. д., *исключительно на поверхности* породы. В массе породы в течение года деревянистые растения не откладывают мертвого органического вещества, — их корни многолетни.

Мертвое органическое вещество под пологом деревянистых растений откладывается *рыхлым слоем* вследствие своей упругости, и поэтому масса его легко про-

пищаема в равной мере как для воды, так и для воздуха. Отложившееся органическое вещество всегда содержит дубильные вещества.

Травянистые растения ежегодно откладывают мертвое органическое вещество как на поверхности почвы, так и в массе ее. Если припомнить, что надземная масса травянистых растений служит главной пищей многочисленным травоядным, в противоположность мертвым отбросам деревянистых, то необходимо прийти к заключению, что мертвые остатки травянистых откладываются преимущественно в массе почвы.

Отложенное травянистыми органическое вещество почти не обладает упругостью, и вскоре после отмирания его в нем устанавливается нейтральная реакция.

Группа травянистых растений ярко подразделяется на две самостоятельные группы: луговые и степные растения. Эти последние две группы не отличаются резко по видовому составу. Между тем мы достаточно ярко различаем понятия *луг* и *степь*. Различие между ними основано только на моменте ежегодного отмирания травянистого покрова этих природных угодий.

Луг отмирает в начале зимы, с наступлением устойчивых морозов. Замерзание почвы, т. е. переход содержащейся в ней воды в твердое состояние, недоступное корням растений, определяет наступление момента физиологической сухости почвы.

Условия среды в момент отмирания массы органического вещества луговых растений ясны. Глубокой осенью почти все промежутки почвы заполнены водой. Во всяком пористом теле вода и воздух — антагонисты на основании простой аксиомы физики, что два тела одновременно не могут занимать одно и то же пространство. Весной, когда почва оттает, количество воды в ней достигает своего максимального содержания, и следовательно, на основании предыдущего, содержание воздуха в почве достигает своего минимума. Условия температуры не требуют пояснений.

Степь отмирает летом, и не вследствие относительного недостатка в воде, а вследствие ее действительного отсутствия. Наступает не физиологическая, а физическая сухость почвы. Растительность степи сама испарила всю воду из почвы для создания своего урожая. Совершенно ясно, что органическое вещество, отмершее в степной почве, окажется в условиях, диаметрально противоположных тем, в которых оказывается органическое вещество луга в момент своего отмирания. В почве степи в это время влажность будет в минимуме, а аэрация, содержание воздуха, в максимуме.

Кроме того, для возможного освещения начальных моментов развития почвообразовательного процесса необходимо рассмотреть и значение синтезирующих органическое вещество хемотрофных микроорганизмов. Это будет сделано в дальнейшем.

Группы низших бесхлорофилльных растений. Что касается организмов, разрушающих органическое вещество, использующих его как источник энергии и пищи, то, как уже было указано выше, будет рассмотрено только участие в почвообразовательном процессе низших, бесхлорофилльных растений.

Прежде всего все бесхлорофилльные растения распадаются на две большие группы. Первая группа — растения, разрушающие органическое вещество в присутствии свободного кислорода воздуха, или аэробные организмы. Вторую группу составляют растительные организмы, разрушающие органическое вещество в отсутствии свободного кислорода воздуха, — это анаэробные организмы.

Группа анаэробов состоит только из одного ботанического класса растительных организмов. Ее составляют только анаэробные бактерии.

Что касается группы низших аэробных растительных организмов, то в состав ее входят два класса растений, аэробные бактерии и грибы (и актиномицеты). Таким образом имеются три группы незеленых низших растений, разрушающих органическое вещество:

- 1) анаэробные бактерии,
- 2) аэробные бактерии и
- 3) грибы (и актиномицеты).

Группы бактерий отличаются от группы грибов и актиномицет, кроме морфологических и других признаков, изучаемых ботаникой, еще и своими отношениями к условиям среды, в которой они развиваются. Группы тех и других бактерий требуют для своего развития *нейтральной* или слабощелочной реакции среды, и присутствие в среде дубильных веществ служит непреодолимым препятствием для их развития. Дубители антисептики против бактерий. Грибы и актиномицеты мирятся и с ясно выраженной *кислой* реакцией.

Растительные формации в аспекте почвоведения. При сопоставлении требований трех групп незеленых растений с условиями среды мертвого органического вещества, ежегодно отлагаемого тремя группами зеленых наземных растений, обнаруживается полное согласие между этими требованиями и создающимися условиями.

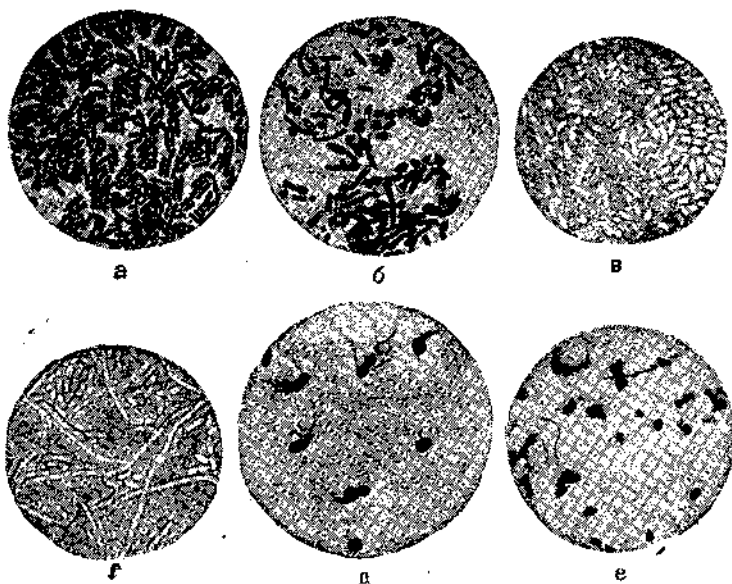


Рис. 17. Свободно живущие почвенные бактерии, усваивающие азот атмосферы: а и б — анаэроб клостридий пастерианум (б — в состоянии спорообразования); в — аэроб азотобактер хроококкум, молодая культура; г — азотобактер хроококкум, в форме нитей, распадающихся на отдельные клетки; д — азотобактер агиле; е — азотобактер винеландии (а — по Омелянскому и Солунскому; б — по Виноградскому и Омелянскому; в и г — по Кременевскому; д — по Бейеринку и е — по Липману) (из книги Ваксмана «Principles of Soil Microbiology», 1930).

Деревянистые растения скопляют мертвое органическое вещество на поверхности почвы. Мертвые остатки этих растений всегда содержат дубильные вещества и лежат рыхлым слоем на поверхности почвы, т. е. в условиях полного аэробизма.

Перечисленные условия в точности отвечают требованиям грибов, настолько строго, что влияние бактерий на древесину и все органы деревянистых растений исключено. Дубильные вещества представляют непреодолимое препятствие для развития бактерий на всех органах деревянистых растений. Дубление применяется для предохранения от бактериального разложения такого легко гниющего вещества, как кожа. Между тем всякий из личного опыта знает, что дубление не предохраняет кожу от разложения грибами. При благоприятных условиях влажности дубленая кожа в сыром помещении легко плесневеет.

Мертвые органические остатки травянистых растений совершенно удовлетворяют требованиям бактерий, и на них редко наблюдается массовое развитие гри-

бов, вероятно, вследствие соперничества бактерий. Из предыдущего ясно, что в условиях отложения остатков луговых растений будут преимущественно развиваться анаэробные бактерии, тогда как в условиях отложения мертвых остатков степных растений деятельность анаэробов совершенно исключена и господствует исключительно жизнь аэробных бактерий.

Природные комбинации этих групп зеленых и бесхлорофильных растений называются в почвоведении растительными формациями.

Отличают следующие растительные формации наземных растений:

1. Деревянистая растительная формация, состоящая из сожительства деревянистых зеленых растений, грибов, актиномицет и, как это будет видно дальше, анаэробных бактерий.

2. Луговая травянистая растительная формация, в которой сожительство луговые травянистые зеленые растения, аэробные бактерии и в резко выраженном преобладании анаэробные бактерии.

3. Степная травянистая растительная формация, состоящая всего из двух членов, степных травянистых зеленых растений и аэробных бактерий.

Повидимому, необходимо выделить и четвертую:

4. Пустынную растительную формацию, в которой роль организмов, созидающих органическое вещество, делится в последовательном порядке между хемотрофными бактериями и водорослями, а роль организмов, разрушающих мертвые остатки этих организмов, принадлежит в таком же последовательном порядке бактериям обоих типов и грибам.

Эта растительная формация еще очень мало изучена, главным образом вследствие трудной доступности области ее незамаскированного проявления.

Прежде чем перейти к изучению обоюдного взаимодействия элементов растительных формаций и почвообразующей породы, необходимо вникнуть в некоторые отличительные признаки почвы.

Перегнойные вещества почвы. Из числа таких признаков давно обратило на себя внимание содержание в почвах перегноя. Было время, когда содержание перегноя считалось признаком, отличающим почву от материнских пород. В настоящее время этот признак оставлен, так как мы знаем наземные образования, не содержащие перегноя, которым мы не можем отказать в названии почв; к таким принадлежат, например, почвы степной зоны.

Перегнойные вещества уже давно были основательно изучены Берцелиусом. Попытки уточнения результатов, полученных этим ученым, привели к чрезвычайной путанице. Мюльдер и Детмер, предполагая получить перегнойные вещества в чистом виде, отождествили, на основании *только сходства цвета*, природные перегнойные соединения почвы с теми продуктами, которые получаются в результате воздействия кислот и щелочей на углеводы: сахар и крахмал. Впоследствии группу окрашенных веществ, получаемых из углеводов, стали называть *искусственными перегнойными веществами*. Эти искусственные перегнойные вещества — *бесазотные тела* — и представляют соединения иного порядка, чем природные перегнойные соединения. Последние *все содержат азот, входящий в значительном количестве в состав их молекулы*.

Кроме сказанного, почти все исследователи пользуются для извлечения перегнойных веществ растворами гидратов щелочей, их углекислых солей или фосфорнокислых щелочей. При этом получается сложнейшая вытяжка, из всех живых и мертвых элементов почвы, и считать черную жидкость, вытекающую из почвы при этих условиях, за раствор перегнойных веществ нельзя. Такую черную жидкость можно получить из любого органического тела: муки, соломы, сена, опилок, трупа любого животного.

Насколько осторожно нужно относиться к «анализам» перегнойных веществ, можно видеть хотя бы из того, что часто при анализе навеску почвы предварительно обрабатывают по способу Грандо соляной кислотой и промывают водой для удаления всего «растворимого» перегноя. После удаления этого «растворимого» перегноя из почвы, раствором щелочи выделяют «нерастворимый» перегной, и

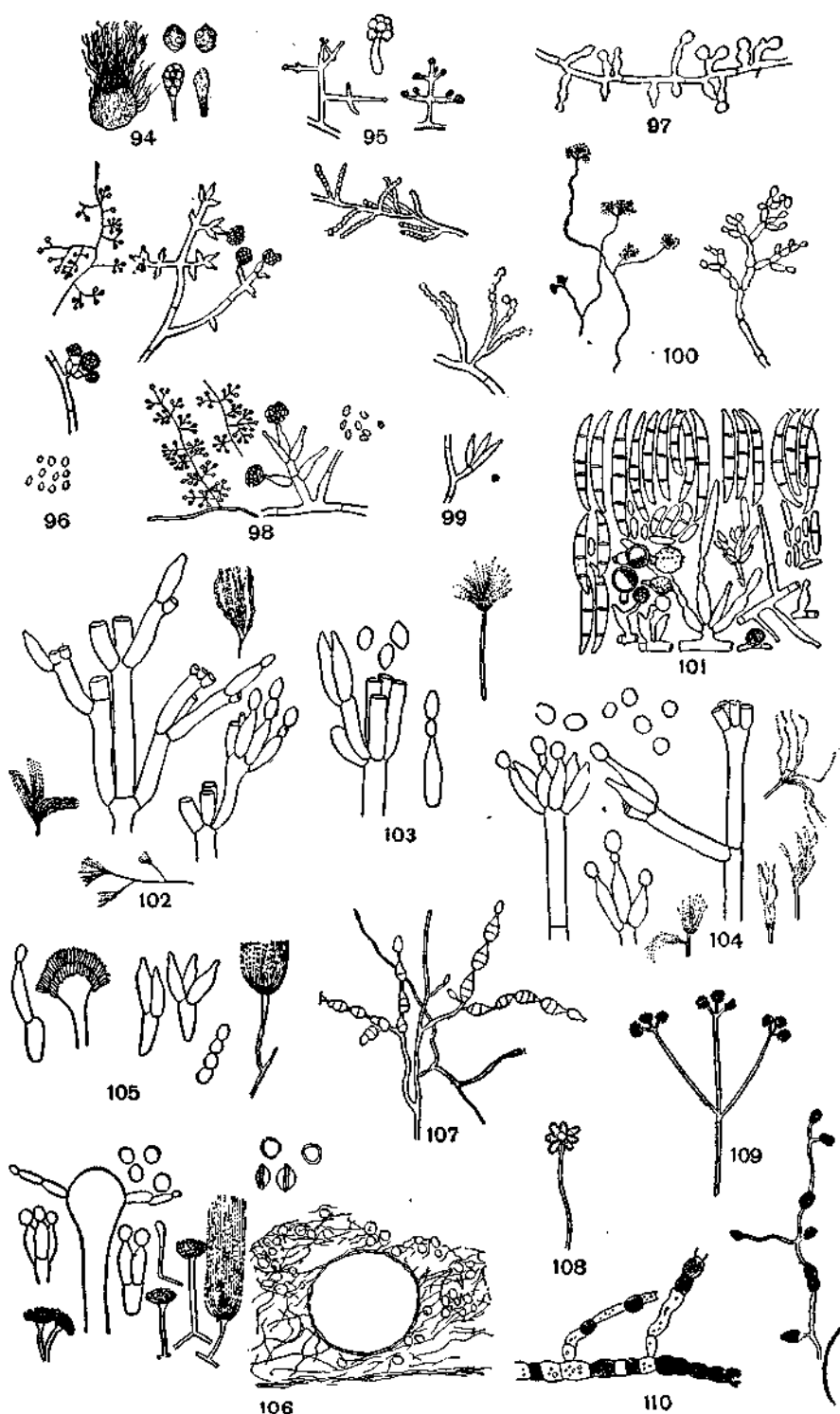


Рис. 18. Различные почвенные грибы, актиномицеты и гифомыцеты (воспроизводится по книге Ваксмана, см. рис. 17).

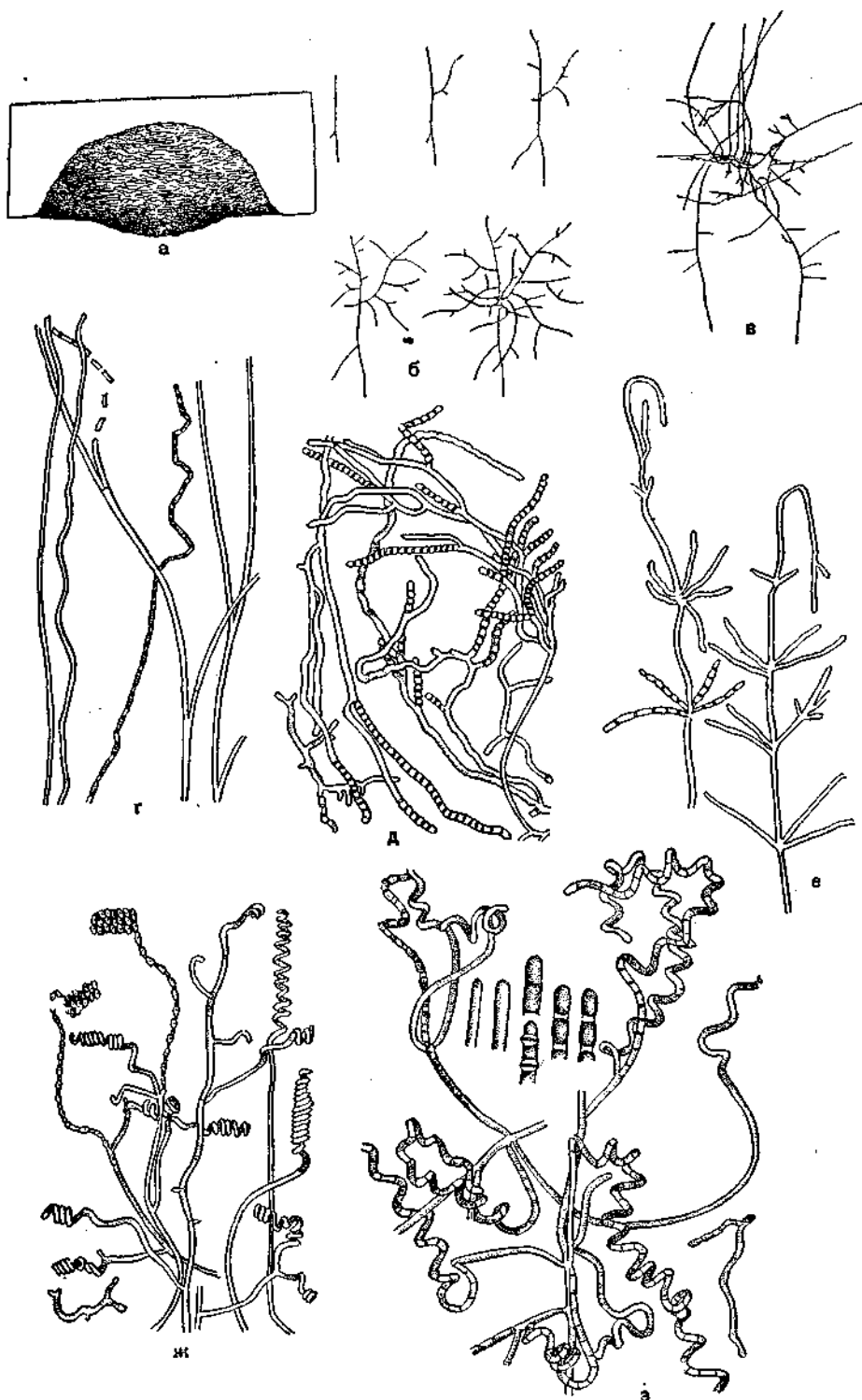


Рис. 19. Разные виды почвенных актиномицет: а—колония актиномицет, б и в—постепенное развитие актиномицет (воспроизводится по книге Ваксмана, см. рис. 17).

после ряда операций определяют и находят в нем «растворимый» перегной, хотя он весь уже удален.

Чрезвычайная путаница во взглядах на перегнойные вещества привела, наконец, к признанию их «коллоидальными» веществами. Само собой разумеется, что это слово ничего не объясняет, так как коллоидальных веществ нет, а известно только *состояние коллоидального измельчения тел*.

Обыкновенно рассматривают перегнойные вещества как *промежуточные продукты окисления органических веществ, синтезированных зелеными растениями*. Это крайне неопределенное понятие — пережиток того времени, когда разрушение органического вещества рассматривалось как чисто абиотический процесс, и с таким определением нельзя согласиться.

Существенное свойство всех промежуточных продуктов — их *неспособность к накоплению в условиях их образования*, так как при этих условиях они немедленно переходят в конечный продукт. Между тем скопляются колоссальные массы перегной, например в черноземе, где количество перегной достигает 14—17%, и в торфяных почвах, где это количество нередко достигает 20—25%.

В отношениях между распадающимся телом и продуктами его распада также должны существовать определенные зависимости. *Очевидно, что продукты распада должны быть молекулярно проще, чем распадающееся тело*. В противном случае можно говорить только о *синтезе*, но не о распаде. Между тем все исследователи единогласно приходят к убеждению, что молекулярный вес перегнойных веществ чрезвычайно велик. Молекула перегнойных веществ сложнее, чем молекула белков, одного из самых конституционно сложных растительных веществ, «образующих» при своем распаде перегной.

Очевидно также, что продукты распада не могут содержать таких химических элементов, которые не содержались в распадающемся теле. В противном случае также должно говорить о *синтезе*. Между тем при распаде углеводов, не содержащих азота, получается перегнойное вещество, в котором конституционного азота больше, чем в белковых веществах.

Все эти соображения категорически не позволяют остаться на старой точке зрения, рассматривающей перегной как продукт распада органического вещества, *не только промежуточный, но и конечный*.

Природный перегной как продукт синтеза низших незеленых растений. Теперь коренным образом изменился взгляд на причины распада природного органического вещества.

Необходимо признать за природным органическим веществом как за конечным продуктом той комбинации процессов, которая называется жизнью, *свойство устойчивости при термодинамических условиях его образования*. Природное органическое вещество может быть разрушено абиотическим путем только при *изменении термодинамических условий его образования*. Его можно сжечь, подвергнуть сухой перегонке при нормальном или измененном давлении, или оно может подвергнуться действию катализаторов или *энзим*, работа которых сводится к нарушению динамических условий его образования.

При термодинамических условиях своего образования природное органическое вещество может быть разрушено только биологическим путем.

Всякий жизненный процесс неизменно связан с выделением организмом ряда отбросов. Эти отбросы могут быть двоякого происхождения. Или они продукты обмена веществ, т. е. продукты распада того органического вещества, которое служит источником энергии и пищи организма, или они представляют энзимы и другие вещества, которые выделяются организмом во внешнюю среду для воздействия на органическое вещество, источник энергии организма, или его пищи, или для создания условий воздействия этих энзим.

Все отбросы организма обладают одним общим свойством. Все они представляют яды (токсины) по отношению к выделившему их организму и ко всем организмам того же порядка. *Они могут накапливаться в среде, окружающей организм, только до известного, очень невысокого предела, после которого их присутствие начинает действовать угнетающим образом на жизнедеятельность организма*,

и при дальнейшем их накоплении жизнедеятельность организма прекращается, и организм отмирает. Примером этого может служить угольная кислота, которую мы выдыхаем и присутствие которой в атмосфере в количестве только 0,5% делает последнюю безусловно смертельной. Другим примером может служить желчь, смесь нескольких ферментов и других веществ, необходимых при пищеварении. Мы постоянно выбрасываем отработавшую желчь, но при некоторых болезнях наступает смертельное, острое отравление желчью.

В природных условиях происходит непрерывное взаимное оздоровление среды обитания благодаря процессу симбиоза организмов разных порядков. Отбросы организмов одного порядка разрушаются организмами другого порядка. Пример симбиоза в масштабе земного шара: люди и животные и все зеленые и незеленые растения непрерывно выделяют углекислоту; зеленые растения непрерывно ее разрушают, сводя содержание углекислоты в атмосфере к безвредному минимуму в 0,03%.

Отбросы второго порядка, энзимы, выделяемые организмами, обладают рядом общих свойств. Все они представляют тела с большим содержанием азота, источника динамической энергии, и все они отличаются чрезвычайной сложностью состава и молекулярного строения.

Перегнойные вещества почвы отвечают этим двум условиям, и напрашивается мысль, на которую наводит все выше изложенное, что главная масса почвенного перегноя представляет так называемые экзонзимы трех типов микроорганизмов: бактерий аэробных и анаэробных и грибов, которыми эти незеленые микроорганизмы действуют на мертвое органическое вещество, разрушая его для получения энергии и пищи. Чтобы проверить верность этого предположения, необходимо убедиться, что они отвечают и третьему условию — токсичности по отношению к группе организмов, их выделивших. Попытаемся подойти к проверке этого положения путем анализа условий и результатов трех типов разложения природного органического вещества, в природных же условиях.

Берцелиусом были установлены три перегнойные кислоты, которые он изучил и свойства которых были им твердо установлены. Но ему не удалось получить их в кристаллической форме, вследствие применения им метода выделения их из соответствующих материалов посредством слабых растворов углекислых щелочей. При этом способе извлекается всегда и кремневая, и титановая кислоты, в присутствии которых перегнойные вещества не кристаллизуются. Кроме того, Берцелиус применял небольшие навески и получал лишь очень малые количества перегнойных веществ.

Лизиметры. Мне удалось получить все три перегнойные кислоты Берцелиуса в кристаллической форме. Для получения перегнойных веществ я употреблял большие объемы почв, по 4 куб. м каждой. Почвы были заключены в лизиметры с поверхностью в 4 кв. м (рис. 20—25). На этих почвах поддерживались в течение ряда лет природные условия анаэробного, аэробного бактериального и грибного процессов разложения. Анаэробный процесс шел в торфяной почве и установился в моренной красной глине после того, как она природным путем заселилась луговой флорой. Аэробный процесс бурно развивался на структурной пойменной глине. Грибной процесс развивался на трех типах почв: на моренной глине, засаженной еловыми саженцами, на моренном песке под пологом густо посаженных саженцев березы и на таком же песке, покрытом мертвым покровом, лесной подстилкой из елового насаждения, собранным с 4 кв. м и ежегодно весной возобновлявшимся.

Кроме того, исследование велось в таких же лизиметрах, наполненных дерново-подзолистой почвой, черноземной почвой, черноземным солончаком под природной растительностью и лишенным всякой растительности моренным песком.

Все почвы были заложены в лизиметры с строгим соблюдением порядка слоями по 10 см и с уплотнением каждого слоя до природного объема.

Каждый лизиметр по диагоналям дна был снабжен дренажем из коротких, широких стеклянных трубок, выходящих в центральный коридор лизиметрической батареи.

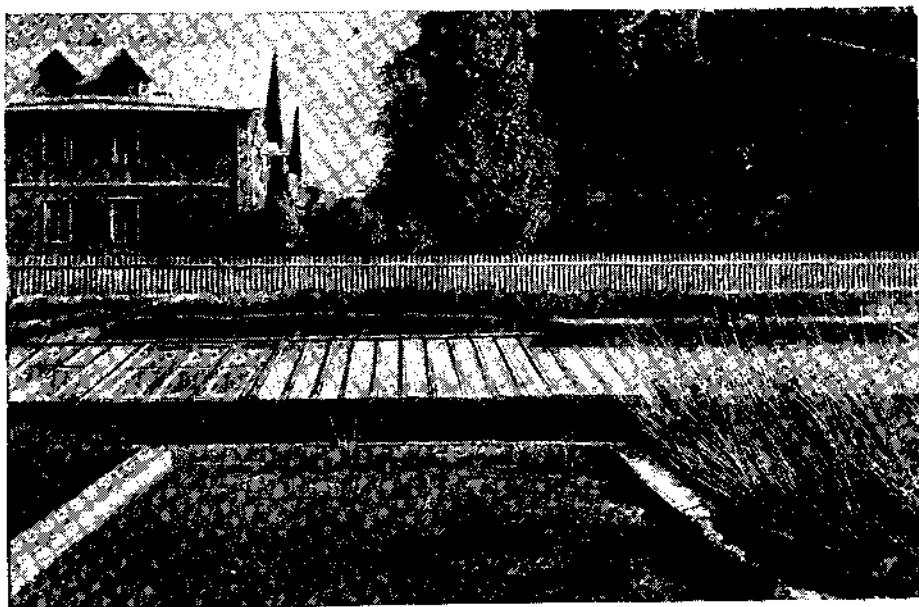


Рис. 20. Лизиметр VII. Моренная глина с начинающимся налетом дикой флоры.



Рис. 21. Лизиметр VII. Моренная глина под покровом щучки.

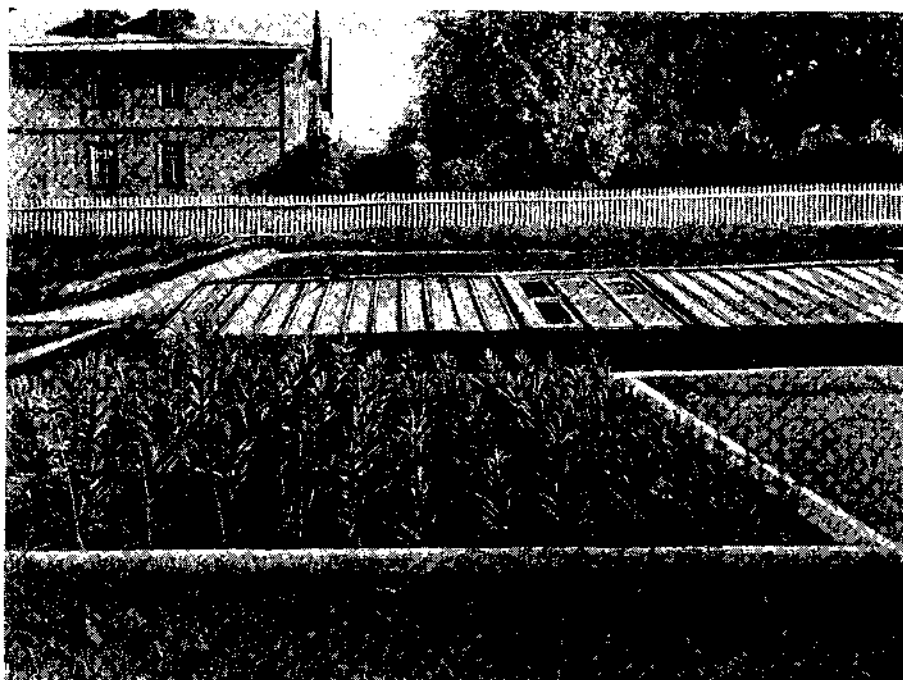


Рис. 22. Лизиметр IX. Моренная глина под покровом саженцев ели.

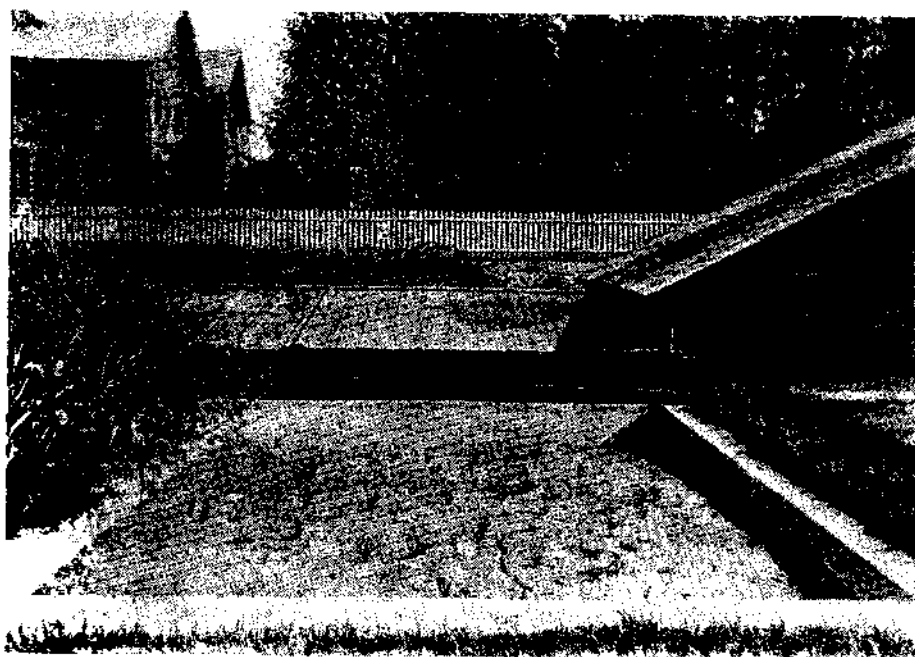
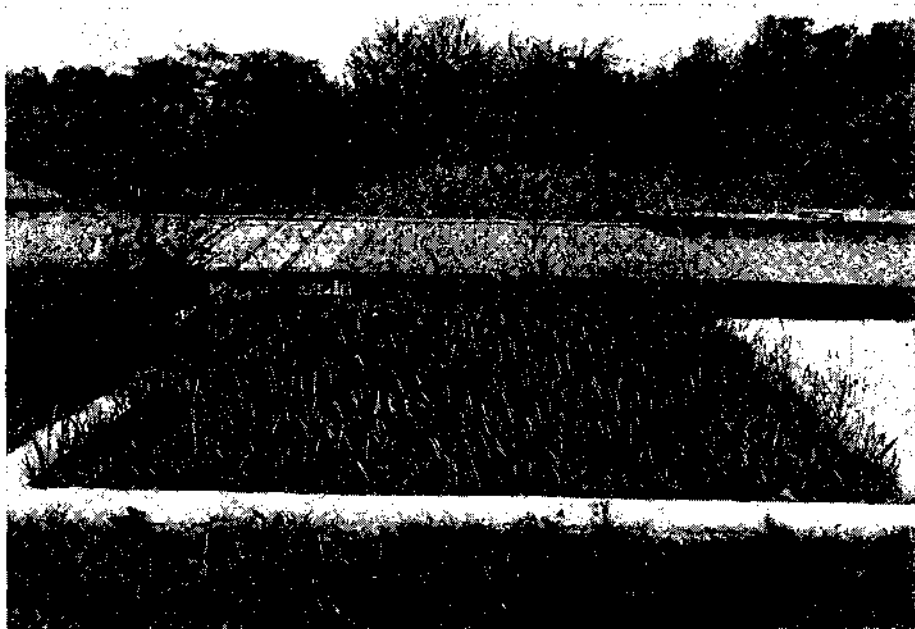


Рис. 23. Лизиметр I. Дерново-подзолистая почва.



Р и с. 24. Лизиметр IV. Солончак Донецкой обл., станция Каменская, под природной растительностью. Слева чернозем. На перекрытии дождемер.



Р и с. 25. Лизиметр III. Низовой торф под природной растительностью.

Все количество воды, доставляемое каждым лизиметром, в течение круглого года ежедневно точно измерялось и немедленно фильтровалось через бактериальный фильтр, отдельный для каждого лизиметра. После фильтрации все количество воды количественно выпаривалось на водяных банях в фарфоровых чашках. Осадок с чашек отделялся острым, как бритва, стальным шпателем и высушивался до постоянного веса с точностью до 0,001 г.

После высушивания осадки по каждому лизиметру соединялись, растворялись в воде и подвергались дробной кристаллизации.

Осадки с фильтров смывались обратным давлением столба воды и собирались отдельно.

Кроме лизиметрических вод, исследовался таким же образом и плотный остаток из дренажных вод торфяного, песчаного и глинистого неорошаемых участков Люблинских полей орошения г. Москвы, меженные и полые воды реки Москвы и атмосферные осадки.

Таким образом перегнойные вещества по мере их образования извлекались из почвы чрезвычайно слабым раствором природных почвенных солей в природной воде атмосферных осадков. Растворы перегнойных веществ отличаются весьма малой концентрацией, так что пришлось выпарить в среднем до 5 млн. куб. см жидкости для каждого лизиметра, чтобы получить достаточное для исследования количество перегнойных веществ.

Работа над природными перегнойными веществами, полученными при этих опытах, продолжается мною поныне.

Природные перегнойные кислоты. Согласно исследованиям Берцелиуса, в общем подтвержденным в моей работе, природные перегнойные вещества почвы представляют три кислоты. Названия для них я предпочел сохранить те, которые вошли в историю науки, ульминовая, гуминовая и креновая. Эти три кислоты всегда приурочены к трем типам разложения природного органического вещества:

ульминовая или бурая перегнойная кислота к анаэробному;

гуминовая или черная перегнойная кислота к аэробному бактериальному и

креновая или бесцветная перегнойная кислота к грибному.

Всегда при наличии этих процессов в почвах появляются соответствующие кислоты.

Свойства перегнойных кислот уже были изучены Берцелиусом, и моими работами внесены лишь незначительные дополнения.

Ульминовая кислота. Ульминовая кислота выделяется в окружающую среду жизнедеятельностью анаэробных бактерий, легко растворима в воде, образуя жидкость темногобурого цвета, в тонких слоях — желтого цвета. Окрашивает лакмус в красный цвет. Дает легко растворимые в воде и кристаллизующиеся соли калия и натрия. Аммиачная соль получается путем реакции обмена. При действии свободного аммиака ульминовая кислота окрашивается в черный цвет и превращается в ближе не изученные продукты разложения. Соли двуокисей, полторных окисей и тяжелых металлов в воде нерастворимы.

Ульминовая кислота обладает способностью денатурироваться, т. е. переходить без изменения состава в нерастворимое в воде состояние. Этот переход совершается при различных условиях. При продолжительном кипячении она постепенно переходит в порошковатое аморфное тело темногобурого цвета. При замораживании она целиком переходит в хлопьевидный слизистый осадок коричневого цвета. При высушивании этот осадок обращается в блестящие бурые чешуйки или куски, обладающие раковистым изломом и легко измельчаемые. Денатурированные модификации ульминовой кислоты названы Берцелиусом ульмином. Порошковидная форма ульмина ни при каких условиях не переходит в хлопьевидную модификацию. Реакция денатурирования необратима. При вытеснении другими кислотами из солей или при разрушении ее солей иным путем ульминовая кислота всегда выделяется в хлопьевидной форме ульмина. Под влиянием раствора нейтральных и щелочных солей щелочных металлов хлопьевидный ульмин переходит в коллоидальный раствор разнообразной степени дисперсности. При этом катион части соли удерживается в состоянии поглощения. При замещении одновалент-

ного катиона поглощенной соли многовалентными катионами двуокиси или трехвалентного железа ульмин выпадает в форме нерастворимого осадка агрегатного порошка, но не в форме хлопьевидной модификации. При отделении поглощенной соли механическим путем при посредстве ультрафильтра ульмин выпадает в форме порошка.

Ульмин и соли ульминовой кислоты разрушаются как аэробными бактериями, так и грибами.

Гуминовая кислота. *Гуминовая кислота*, кроме состава, очень близка по свойствам к ульминовой кислоте, отличаясь от нее, повидимому, лишь в количественном отношении. *Гуминовая кислота менее растворима в воде*. Ее насыщенный водный раствор интенсивно черного цвета. В прямом свете очень сильного источника раствор гуминовой кислоты в более тонких слоях просвечивает густым вишневым цветом, тогда как ульминовая кислота в тех же условиях просвечивает коричневым цветом. Отношения гуминовой кислоты к процессу денатурации те же, как и у ульминовой кислоты. Гуминовая кислота обладает всеми свойствами, описанными для ульминовой кислоты. Соли гуминовой кислоты и гумин интенсивно черного цвета, приобретают при тонком измельчении красные оттенки в отличие от коричневых оттенков солей ульминовой кислоты.

Гумин и соли гуминовой кислоты разрушаются аэробными бактериями и грибами.

Креновая или ключевая кислота. Совершенно особняком стоит *креновая кислота*. Она совершенно бесцветна, *растворима в воде и кислотах во всех отношениях*, обладает характерным запахом, *хотя не летуча*. *Креновая кислота не денатурируется ни при каких условиях, и все ее соли растворимы в воде*. Соли креновой кислоты легко образуют кристаллы. Ее железная соль дает довольно крупные яркожелтые призматические кристаллы.

Даже слабые растворы свободной креновой кислоты сильно разъедают фарфор и стекло, делая их матовыми, и легко растворяют металлическое олово и непрозрачную кварцевую посуду.

Апокреновая или осадочноключевая кислота. При действии на раствор кренатов в разведенных кислотах водорода в момент выделения получают апокренаты, или соли *апокреновой кислоты*. Свободная апокреновая кислота в неденатурированном состоянии мне неизвестна. *Соли апокреновой кислоты с щелочными металлами легко растворимы в воде*. Из солей ее с двуокисями соль извести отличается сравнительно большей растворимостью и при сгущении ее раствора выделяется на стенках сосуда в виде неплотно пристающего аморфного агрегатного осадка желтовато-белого цвета. *Соль двухвалентного железа легко растворима в воде*. Соль трехвалентного железа легко растворима в крепкой соляной кислоте без разложения и при сгущении раствора легко выпадает в форме рубиновокрасных кристаллов ромбической системы, содержащих кристаллизационную соляную кислоту. При медленном сгущении раствора легко получают кристаллы до 1 см в поперечнике.

При разбавлении водой концентрированных растворов апокрената трехвалентного железа в крепкой соляной кислоте выпадает тончайший аморфный порошок апокрената. Он оседает на дно сосуда, пока присутствует в растворе соляная кислота. Но если последнюю удалить диализом, то апокренат в чистой воде остается взмученным неопределенно долгое время, создавая полную иллюзию взмученной красной глины. По удалении воды апокренат вновь целиком растворяется в крепкой соляной кислоте и дает такие же кристаллы, как и раньше.

При разбавлении слабого раствора апокрената окиси железа в соляной кислоте водой получаются, в зависимости от его концентрации, хлопья, не отличимые по виду от осадка гидрата окиси железа, или вся жидкость застывает в плотное желе.

Апокренат алюминия образует оранжевожелтые кристаллы, содержащие кристаллизационную соляную кислоту. При сильном разбавлении водой эта соль выпадает в осадок в виде молочно-белой эмульсии, которая не осветляется месяцами, и проходит через самые плотные бумажные фильтры (№ 602 extra hart. S. u. S.). После

испарения воды остается соломенно-желтый аморфный осадок, растворимый в крепкой (30%) соляной кислоте и образующий вышеупомянутые кристаллы.

Особенно интересны отношения апокреновой кислоты к крепкой серной кислоте. Если кипятить апокренат окиси железа с крепкой серной кислотой, то апокренат разрушается, окись железа растворяется в серной кислоте, но жидкость не обесцвечивается даже после 100 часов кипячения на голом огне. В состоянии кипения серная кислота окрашена в золотисто-желтый или бурый цвет; после остывания, когда прекращается движение жидкости, на дно сосуда оседают бурые хлопья апокреновой кислоты. Окисление апокреновой кислоты происходит только после многократного прибавления в кипящую серную кислоту *ничтожными* порциями тонкоизмельченной марганцево-калиевой соли до обесцвечивания жидкости.

Мы потому так долго остановились на перегнойных веществах почвы, что нам придется в дальнейшем использовать эти данные.

Обратимся теперь к анализу процессов, происходящих при природном проявлении разложения органических веществ.

Анаэробное разложение органического вещества в природных условиях. Анаэробное разложение в природных условиях проявляется там, где органическое вещество скопляется в форме *сконцентрированной массы*. При этом не имеет значения, распределено ли органическое вещество в массе какого-либо пористого тела или оно скопилось сплошной самостоятельной массой. Основная причина этого процесса та, что *поверхностный слой органического вещества, соприкасающийся с воздухом, неизбежно подвергается аэробному разложению. Это аэробное разложение поверхностного слоя поглощает весь кислород, который путем диффузии стремится проникнуть в массу органического вещества.*

Состояние влажности органического вещества в этом случае не играет роли, лишь бы была обеспечена потребность анаэробных бактерий в воде.

Но отношение органического вещества к воде играет в разбираемом случае другую роль. Природные органические вещества, способные быть смоченными, представляют самые влагоемкие тела. *Влагоемкость же неразрывно связана в обратном отношении со скоростью волнового движения воды в массе влагоемкого тела.* Чем больше влагоемкость тела, тем медленнее происходит волновое движение воды в его массе. В природных органических веществах быстрота передвижения волновой воды практически равна нулю.

Очевидно, что при начавшемся анаэробном разложении в массе органического вещества должно начаться и накопление ульминовой кислоты, которая осмотически будет равномерно распределяться в среде. По мере накопления ульминовой кислоты ее угнетающее действие на ход разложения должно увеличиваться, так как застойная вода, заключенная в массе органического вещества, не может ее удалить вымыванием. Во время хода анаэробного разложения никаких веществ, которые могли бы нейтрализовать ульминовую кислоту, не образуется. Если рухляковая порода содержит обломки известняка, могущего нейтрализовать ульминовую кислоту, то вследствие полной нерастворимости образующегося ульмат кальция обломки известняка быстро покрываются его бурой нерастворимой корочкой, не проницаемой для ульминовой кислоты.

Поэтому анаэробный процесс должен, постепенно затухая, прекратиться до тех пор, пока не наступят условия, обезвреживающие влияние ульминовой кислоты. Вредное влияние ульминовой кислоты или другого токсина может быть уничтожено или удалением его из среды промывкой, или испарением путем вентилизации, или его усреднением, обращением его в нейтральное тело, или обращением его в недейтельное нерастворимое тело, денатурированием.

В условиях осуществления анаэробного процесса вода, пропитывающая органическое вещество, находится в неподвижном состоянии, и удаление ульминовой кислоты промывкой не может осуществиться; так же не может ульминовая кислота быть удалена испарением вследствие ее нелетучести. При этом процессе не образуется веществ, могущих усреднить кислоту, и поэтому остается только денатурация, обращение в нерастворимое нейтральное тело, ульмин.

Денатурация ульминовой кислоты в природных условиях происходит только под влиянием понижения температуры, зимой. Вследствие этого анаэробный процесс интенсивно протекает только весной, после зимних морозов, и по мере своего течения он постепенно затухает до полного прекращения. Очевидно, что чем энергичнее он протекает вначале, например в случае благоприятной температуры, тем быстрее он должен затухнуть под влиянием энергичного темпа накопления ульминовой кислоты. Этот процесс повторяется ежегодно.

В результате такого прерывистого проявления и складывается *существенное свойство анаэробного процесса, сохранение части мертвого органического вещества, консервируемого накапливающейся ульминовой кислотой.*

Аэробно-бактериальное разложение органического вещества в природных условиях. Полную противоположность анаэробного процесса представляет процесс аэробный бактериальный. В природе он осуществляется в тех случаях, когда мертвое органическое вещество травянистых растений скопляется настолько *рассеянной массой*, что поверхностные горизонты его не могут служить достаточно сомкнутым фильтром, задерживающим путем поглощения весь кислород, стремящийся проникнуть в массу органического вещества.

Отмирающее в природных условиях органическое вещество состоит всегда или из целых растений, или из целых органов растений: корней, листьев, ветвей. *Их масса всегда содержит ряд азотсодержащих органических веществ.* При бактериальном аэробном процессе разложения этих веществ всегда образуется аммиак в качестве промежуточного продукта. Аммиак как продукт обмена веществ представляет токсин по отношению к аэробному процессу. Его токсическое влияние настолько велико, что, например, при механическом анализе перегнойных почв приходится им пользоваться, чтобы предотвратить их аэробное разложение. Для этого достаточно прибавка такого количества аммиака, чтобы получить содержание его, равное 0,01 % в водном растворе (1 куб. см 40-процентного раствора аммиака на 3 л воды).

Одновременно с образованием аммиака во время аэробного бактериального процесса выделяется и гуминовая кислота. Совершенно ясно, что свободная кислота, гуминовая, и свободное основание, аммиак, не могут остаться таковыми в одной и той же среде. Они немедленно по образовании соединяются, давая нейтральную гуминовоаммиачную соль. Эта соль как нейтральная не влияет токсически на жизнедеятельность аэробных бактерий, она сама служит субстратом для развития ряда аэробных бактерий.

Повидимому, в природе этот процесс, по крайней мере в некоторых случаях, совершается по несколько более сложной схеме. Аммиак, повидимому, сперва соединяется с угольной кислотой, получающейся также в результате аэробного разложения органического вещества. Образующаяся углеаммиачная соль представляет, однако, устойчивое соединение только в атмосфере чистой углекислоты. В обычных условиях углеаммиачная соль диссоциирует вновь на свободную углекислоту и аммиак, который и реагирует с гуминовой кислотой.

Аммиак гуминовоаммиачной соли как промежуточный продукт не может накопиться в сколько-нибудь значительном количестве, и под воздействием аэробных бактерий, нитрозомонаса и нитробактера, обращается в азотистую и в азотную кислоты. Очевидно, что при этом процессе из гуминовоаммиачной соли вновь выделяется в свободном состоянии гуминовая кислота, так как связывавший ее в соль аммиак перестал существовать как таковой. *Но из солей гуминовая кислота всегда выделяется в форме денатурированной, в виде гумина, совершенно не растворимого в воде.*

Выделившийся гумин сам служит превосходным субстратом для развития аэробных бактерий, которые и разрушают его.

Образующиеся при процессе разрушения аммиака азотистая и азотная кислоты, в свою очередь, вытесняют из новых порций гуминовоаммиачной соли эквивалентное количество гуминовой кислоты, которая в виде гумина распадается дальше по той же схеме.

Таким образом при аэробном бактериальном процессе среда, окружающая природное органическое вещество, автоматически освобождается от вредных продуктов разложения, и при нем нацело разрушается как первоначальное органическое вещество, так и гуминовая кислота. *Все элементы органического вещества быстро и полно минерализируются, и весь процесс в целом представляет диаметрально противоположность анаэробного процесса.*

Разложение мертвого деревянистого органического вещества грибным процессом. Остается рассмотреть последний процесс разложения органического вещества, грибной.

Грибной процесс разложения деревянистого органического вещества также аэробный, и при нем в среду, окружающую органическое вещество, выделяется креновая кислота. При этом процессе из азотсодержащих соединений аммиак во внешнюю среду не выделяется, и, следовательно, креновая кислота не может быть нейтрализована. Креновая кислота неспособна денатурироваться, она нелетуча и в свободном состоянии не может быть разрушена ни одним из бактериальных процессов, вследствие ее яркокислой реакции, ни грибным процессом, так как она представляет биологический отброс самого грибного процесса.

Поэтому единственным способом обезвреживания среды, в которой протекает грибной процесс, остается вымывание креновой кислоты из среды током воды.

Очевидно, вымывание может осуществиться исключительно нисходящим током воды. Восходящий только повлек бы за собой концентрацию кислоты в поверхностном горизонте среды, в котором протекает аэробный грибной процесс. Поэтому грибной процесс требует для возможности своего осуществления нисходящего тока воды как безусловно необходимого условия. Каким образом в природе осуществляется этот нисходящий ток воды, будет видно при изучении процесса подзолообразования.

ПОДЗОЛИСТЫЙ ПЕРИОД ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Водный режим под пологом леса. — Капельно-жидкая вода в почве леса. — Режим волосной воды под лесом. — Значение креновой кислоты при подзолообразовании. — Свойства подзолистого горизонта. — Анаэробный горизонт подзолистых почв. — Свойства рудякового горизонта. — Обособление глеевого горизонта. — Образование ореховатости материнской породы. — Роль леса в биологическом круговороте элементов пищи. — Влияние рельефа на водный режим почвы. — Законы движения почвенной воды. — Грунтовал и артезианская вода. — Особенности подзолообразования в зависимости от рельефа. — Водораздельный подзол. — Ортзанд. — Чугунные почвы.

Под пологом деревянистой растительной формации протекает процесс изменения свойств рухляковой породы, получивший название подзолообразовательного процесса, который надо рассматривать лишь как период единого почвообразовательного процесса.

В наиболее *чистой* форме этот процесс протекает под пологом *сомкнутого* леса. В таком лесу сплошной полог кроп деревьев настолько полно поглощает солнечные лучи, и рассеянный свет под его тенью так слаб, что не способен удовлетворить потребности жизни даже самых теневыносливых растений. Поэтому поверхность почвы в таком лесу покрыта только так называемым «мертвым покровом».

Роль леса в природе и в сельскохозяйственном производстве так велика, что на ней надо остановиться несколько подробнее. Больше всего обращает на себя внимание отношение леса к воде. Лес требует непрекращающегося в течение *целого года* свободного доступа воды к своим корням. Его стеблевые органы, а часто и листья в течение круглого года возвышаются над поверхностью почвы, а в климатах со снежной зимой — и над снежным покровом. Поэтому, помимо биологических процессов, протекающих зимой (дозревание семян), кроны деревьев, овеваемые воздухом, *продолжают испарять* воду и зимой, для чего у деревьев имеются специальные органы, чечевички. Всякое живое органическое вещество может подвергаться высыханию только до известной степени, после которой наступает смерть.

Поэтому даже и зимой в суровых климатах лес предъявляет известные требования к влажности почвы, и корни его должны *простираться глубже границы зимнего промерзания почвы*, так как замерзшая почва физиологически суха. По этой причине лес отсутствует в тундре и в областях высокогорных лугов. В тундре почва зимой промерзает до границы вечной мерзлоты, в области высокогорных лугов — до горной породы.

Во время вегетационного периода лес также требует большого количества воды вследствие большого развития своей листовой поверхности и поэтому не переносит продолжительных перерывов в водоснабжении.

Вследствие таких требований по отношению к воде, деревянистая растительная формация природным подбором выработала резко выраженную способность селиться группировками, которые способствуют удовлетворению высоких требований деревьев к воде.

Водный режим под пологом леса. Влияние леса на водный режим занимаемой им территории складывается из трех моментов: влияния совокупности наземных частей растений, слагающих группировку, влияния лесной подстилки и влияния

совокупности корневых систем деревьев. Влияние надземных частей, деревянистых растений очень многообразно.

Существует мнение, что леса притягивают атмосферные осадки. Вследствие значительного поглощения тепла обширной листовой поверхностью деревьев поверхность всего леса нагревается меньше, чем поверхность лугов, степей и особенно паровых полей. Вследствие этого над угодьями, кроме леса, особенно над паровыми полями, днем образуются сильные восходящие токи воздуха, относящие спускающиеся в тучи пары воды по направлению к лесным массивам, где тучи и разрешаются дождем. Неоднократные проверки этого мнения доставили данные и за, и против него, и надо, повидимому, считать, что леса не оказывают особенного влияния на увеличение количества осадков, выпадающих над ними. Поэтому мы будем считать, что в пределах не слишком обширной территории, например в пределах 100 кв. км, количество осадков, выпадающих над разнообразными угодьями, а в равнинной местности и над различными элементами рельефа, в среднем одинаково.

Но дождь, выпадая над лесами, падает не прямо на землю, а сначала смачивает обширную поверхность листьев и покрытые трещиноватой и влагоемкой корой сучья и стволы. Так как эта поверхность у деревьев гораздо больше развита, чем у растений травянистых, то и физическое испарение с поверхности кроны в лесу гораздо сильнее, чем на лугах, степях и полях. Надо считать, что количество дождя, достигающее поверхности почвы в лесу, в среднем на 25 % меньше, чем на лугу, поле и других угодьях. Иначе сказывается влияние леса на зимние осадки. Прежде всего лес защищает снег от сывания его ветром в сугробы и снесения в овраги, и снеговой покров в лесу всегда равномернее, чем на открытом пространстве.

Также сказывается влияние затенения кронами и на быстроте весеннего таяния снега. В лесу снег держится на одну, часто две недели дольше, чем на открытых местах.

Кроме того, и самый процесс таяния снега совершается в лесу иначе, чем в поле. Снег на полях и лугах сходит обыкновенно, когда еще почвы не оттаяла, и существование первого весеннего максимума влажности на почве полей и лугов определяется не проникновением в почву снеговой воды, а другими причинами, с которыми познакомимся позже.

В лесу процесс таяния снега протекает иначе. Всякий, конечно, наблюдал весной воронкообразные углубления в снегу вокруг стволов живых деревьев. Эти углубления все более расширяются, и постепенно вокруг каждого дерева обнажается от снега все расширяющийся концентрический круг. Эти углубления образуются отчасти под влиянием отражения от стволов лучей солнца, отчасти вследствие отражения господствующего ветра. Но под влиянием только этих причин воронки были бы эксцентричны по отношению к стволу, что мы и замечаем вокруг столбов или неживых стволов. Но этого не наблюдается на живых деревьях, и ствол их занимает центр воронки.

Ранней весной кроны и стволы деревьев днем нагреваются, и в течение круглых суток поглощенное тепло легко передается вниз к основанию ствола, так как живое влажное дерево представляет прекрасный проводник тепла. Здесь тепло непрерывно расходуется на согревание почвы и оттаивание снега вокруг стволов излучением темного тепла. Еще задолго до обнажения почвы кольцом вокруг ствола мы уже находим талую почву вокруг всех толстых корней дерева, вследствие чего весенняя вода может проникать как в талую почву леса, так и в рыхлый слой подстилки. Вследствие этого все количество весенней воды впитывается в лесную подстилку и отчасти в талую почву леса.

Влияние лесной подстилки еще больше. Лесная подстилка состоит из опавших листьев, хвои, побегов и коры. У вечнозеленых хвоя и листья опадают в течение круглого года, поддерживая равномерность толщины слоя мертвого покрова лесной почвы. Далее, в состав подстилки входят опадающие органы плодоношения и элементы коры, которая непрерывно отслаивается по мере утолщения стволов и сучьев. Но главную составную часть подстилки составляют отмершие побеги.

По точным определениям, 90% всех побегов, образовавшихся на дереве весной, отмирает в то же лето.

Все это мертвое органическое вещество лежит рыхлым слоем, вследствие значительного содержания в нем упругой древесины. В результате такого упруго-рыхлого расположения своих элементов лесная подстилка совмещает в своей массе два иным образом несовместимых свойства. Она обладает влагоемкостью в высшей степени ее проявления и одновременно отличается проницаемостью, также в высшей степени.

Капельно-жидкая вода в почве леса. Иными словами, вода в лесной подстилке содержится как в состоянии *волосной воды*, так и в состоянии *капельно-жидком*. Благодаря такому сочетанию в горизонте лесной подстилки устанавливаются одновременно два типа водного режима.

Прежде всего при соприкосновении с атмосферной водой сказывается проницаемость лесной подстилки. Она настолько велика, что всякое количество дождя или снеговой воды, какое возможно себе представить, проникает в массу подстилки.

Образование стремительных делювиальных потоков на покрытой лесной подстилкой поверхности неосуществимо.

На этом свойстве основано защитное влияние лесных группировок даже на крутых горных склонах. Только лесное насаждение в состоянии предотвратить эрозию, т. е. размыв и снесение почвы с горных склонов.

Вода, проникнув в толщу лесной подстилки, сразу распределяется по элементам, ее слагающим. Прежде всего насыщаются до состояния полной влагоемкости все механические элементы подстилки, которые при этом сильно увеличиваются в объеме. Увеличение в объеме при насыщении водой есть свойство всякого влагоемкого тела, так же как и уменьшение объема при высыхании. Величина этих колебаний объема находится в прямой зависимости от величины влагоемкости, т. е. чем последняя больше, тем больше набухает масса пропитанного водой тела, и наоборот. Наиболее влагоемкие тела, например чистая глина, торф, обладают, кроме того, тем свойством, что если они поставлены в условия неосуществимости увеличения объема, вода в них не проникает. Увеличение объема влагоемкого тела связано с развитием частичных сил колоссального напряжения.

Увеличение объема всех твердых элементов лесной подстилки влечет за собой тесное сближение их в местах взаимного соприкосновения, так как они представляют переплетающуюся массу, элементы которой лишены возможности свободного передвижения. Вследствие этого тесного сближения устанавливается сплошное волосное сообщение между всеми твердыми элементами подстилки и почвой в поверхностях их взаимного соприкосновения.

Твердые элементы подстилки напитаются водой очень быстро. Закон прогрессивного замедления движения воды в очень влагоемких телах здесь не успевает проявиться в достаточной степени вследствие незначительности поперечных размеров элементов подстилки, точно так же как закон ускорения силы тяжести не будет иметь практического значения при падении тела с высоты 1—10 мм.

Излишек воды, не поместившийся в волосных промежутках твердых элементов подстилки, займет промежутки между ними и, повинувшись силе тяжести, опустится до уровня поверхности почвы. Под влиянием той же силы тяжести начнется поступательное движение воды по уклону рельефа.

Это поступательное движение будет, однако, крайне медленное в результате колоссального сопротивления, которое встретит ток воды в виде силы прилипания и трения о бесчисленные элементы подстилки, лежащие на его пути.

Здесь нужно иметь в виду, что прикасающийся к почве слой подстилки — самый старый ее слой. Элементы, его составляющие, уже сильно разложились, в значительной степени потеряли упругость, слежались более плотной массой и связаны между собой бесчисленным множеством нитей грибницы или гифов тех грибов, которые разлагают подстилку. Вся эта масса образует так называемый *лесной войлок*, отдирающийся сплошными лоскутами с поверхности лесной почвы.

Режим волосной воды под лесом. Ясно, что движение воды по массе этого войлока будет крайне замедлено. В продолжение этого медленного движения вода

будет иметь возможность впитываться в волосные промежутки почвы независимо от скорости ее волосной передачи, так как срок нахождения капельно-жидкой воды на поверхности почвы очень продолжителен. Поэтому запас воды, который может этим путем сделать почва, будет очень велик.

Вследствие той же медленности движения воды по поверхности почвы она в большом количестве попадает и в неволосные промежутки, и в сеть трещин рыхляковой породы, и таким образом обеспечивается питание грунтовой и почвенной воды, о чем будет речь дальше.

Количество капельно-жидкой воды, оставшееся в лесном войлоке за покрытием этих расходов, медленно стекает по уклону рельефа в тальвеги, питая многочисленные лесные ручьи. Наблюдение показывает, что питание этих ручьев очень равномерно в течение всего года.

Таков режим капельно-жидкой воды под пологом леса.

Режим волосной воды в лесной подстилке и почве леса также прост и ясен. Он протекает главным образом под влиянием всасывающего действия корневой системы деревьев. Влияние высыхания поверхности почвы, могущего создать разницу напряжения влажности, стимул восходящего волосного движения воды, здесь совершенно отсутствует.

Это происходит не столько вследствие пониженного вообще испарения в лесу, сколько под влиянием уже разобранных свойств подстилки. Как только высохнет самый верхний, поверхностный слой подстилки, так тотчас автоматически его высохшие элементы уменьшатся в объеме; так как высыхание будет сильнее с верхней поверхности всякого элемента подстилки, чем с нижней, то и сокращение объема верхней поверхности будет больше нижней. Элементы подстилки, лежащие сверху, будут изгибаться и закручиваться, и волосная связь их с нижележащими элементами нарушится. Нижний, мокрый слой подстилки будет сверху прикрыт разлолжающимся слоем сухой подстилки. Непосредственное сообщение горизонта волосной воды с атмосферой прекратится, и испарение воды из нижних слоев подстилки может совершаться только в неподвижную, насыщенную парами воды атмосферу, заполняющую запутанную сеть промежутков между элементами верхнего сухого слоя подстилки.

Вследствие этого остается только всасывающее действие деятельной части корневой системы деревьев, которое может создать разность потенциалов, напряжений влажности, необходимую для возбуждения волосного движения воды.

Главная масса деятельных корневых мочек лесных деревьев расположена на глубине от 50 до 100 см. Очевидно, что к этому горизонту породы, непрерывно в течение всего года иссушаемому, и направятся два потока волосной воды: один сверху, нисходящий, другой снизу, восходящий.

Восходящий ток питается частью из горизонта или почвенной, или грунтовой воды, частью же вода этого тока пополняется из сети трещин породы, по которым под пологом леса течет медленный, но непрерывный ток капельно-жидкой воды из горизонта лесной подстилки. Вследствие этого восходящего тока уровень почвенной воды, если он вообще выражен на данной части рельефа территории, всегда под лесным массивом лежит ниже, чем на прилегающих полях.

Нисходящий ток воды направляется к горизонту наибольшего иссушения корнями из верхних горизонтов почвы, к которым, в свою очередь, притекает волосная вода из насыщенных ею нижних горизонтов лесной подстилки. Каждый дождь восстанавливает волосное единство лесной подстилки и почвы, и по причинам, разобранным выше, нарушение этого волосного сообщения происходит лишь в периоды продолжительных засух, до первого дождя.

В результате под пологом леса почти непрерывно поддерживается безусловно необходимое требование грибной микрофлоры, нисходящий ток воды, уносящий из среды развития грибов непрерывно выделяемую ими креновую кислоту.

При наличии всех вышеописанных условий происходит энергичное разложение лесной подстилки. Как и в бактериальном аэробном процессе, происходит полная минерализация элементов органического вещества лесной подстилки. При распаде лесной подстилки входившие в состав органического вещества золь-

ные элементы выделяются в виде минеральных солей. Образующиеся при этом *трудно растворимые соли*, углекислый кальций, углекислый магний, сернокислый кальций и фосфорнокислые кальций и железо, также *легко растворяются вследствие присутствия свободной креновой кислоты*. Из карбонатов двуокисей креновая кислота вытесняет угольную, так же как и из карбонатов щелочей, обращая все эти основания в кренаты. Гипс же и фосфаты кальция и железа просто механически растворяются, как и во всякой кислоте, уксусной, лимонной и др.

Значение креновой кислоты при подзолообразовании. Все зольные элементы лесной подстилки переходят в минеральные соли и в соли креновой кислоты; последние все легко растворимы в воде, первые растворимы в воде или в растворе креновой кислоты, и все они нисходящим током воды увлекаются в нижележащую породу.

Таким образом под пологом леса в породу, подстилающую лесную подстилку, непрерывно проникают *все без исключения элементы зольной пищи растений*. Кроме того, в породу проникает и *свободная креновая кислота*, о чем свидетельствует то, что лакмусовая бумажка в лесной подстилке всегда окрашивается в красный цвет. Этот красный цвет не исчезает и после высыхания бумажки.

Условия взаимодействия креновой кислоты с элементами породы, в которую она проникает, выражены в самой выгодной комбинации. Сама кислота растворима в воде; все соли, которые могут образоваться при действии креновой кислоты, также легко растворимы.

Кроме того, постоянный нисходящий ток непрерывно уносит все продукты реакции и постоянно приносит все новые порции кислоты, так что никогда не может наступить химическое равновесие.

Сами реакции креновой кислоты с элементами породы элементарно просты.

Прежде всего креновая кислота взаимодействует с *карбонатом кальция* породы. Она вытесняет угольную кислоту и с *кальцием* образует кренат, который как легко растворимый уносится вниз нисходящим током воды. Если порода содержала много карбоната кальция, то выделяющаяся угольная кислота оставляет в породе, которая в этих условиях всегда влажна, *отпечатки пузырьков*, очень характерные для образующегося подзола.

До тех пор пока в породе остается еще карбонат кальция, креновая кислота не оказывает действия на другие элементы породы: она вся нейтрализуется этой солью. Поэтому первым признаком подзола, образующегося на кислой алюмосиликатной рухляковой породе, служит *отсутствие в нем карбоната кальция*. Если карбонат извести встречается в почве в виде равномерно распределенной массы, присущей самой рухляковой карбонатной породе, то в этом случае можно говорить лишь о незаконченной первой стадии подзолообразовательного процесса, но не о подзоле. Подробно этот вопрос будет освещен при разборе почвообразовательного процесса на карбонатных моренах.

Вторая фаза процесса действия креновой кислоты на рухляковую алюмосиликатную породу — ее реакция с *соединениями железа и марганца*. Реакция крайне проста, — свободная кислота с свободными основаниями может образовать только соль. Образуются *креновые соли окисей марганца и железа*, и так как эти соли легко растворимы в воде, то нисходящий ток уносит образовавшиеся кренаты. Эта реакция накладывает на изменяющуюся породу морфологически более заметный признак. Порода, лишившаяся красной окиси железа и темной окиси марганца, *теряет свой красный цвет и приобретает беловатый, изредка сероватый цвет*, в зависимости от преобладания в оставшейся части породы кварца разной окраски или аморфного кремнезема.

Третья фаза оподзоления лишь немного сложнее двух предыдущих. Она наступает лишь после полного выщелачивания свободных полуторных окисей, которые всегда присутствуют в породе в тончайшем измельчении и потому легко нейтрализуют кислоту.

Третья фаза подзолообразования состоит в *разрушении креновой кислоты каолина или гидрата алюмокремневой кислоты* ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot nH_2O$). Последняя

под действием креновой кислоты выделяет свободный кремнезем, алюминий же, игравший в каолине роль кислоты, ввиду своей амфотерности, теперь образует с креновой кислотой кренат. Эта способность образовывать, в зависимости от условий, окислы кислотного или основного характера присуща и другим металлам этой группы, железу, марганцу, хрому.

Кренат алюминия легко растворим и нисходящим током воды легко выщелачивается вниз. Кремнезем своей тонкой порошковатой аморфной массой заполняет все промежутки породы, придавая ей *белый цвет* и обуславливая наиболее существенное свойство вновь образовавшегося подзола, его *бесструктурность*.

Остальные элементы почвообразующей породы, кварц, аморфная кремневая кислота и обломки силикатов и алюмосиликатов, не реагируют с креновой кислотой. Поэтому все они без изменения и всей массой входят в состав новообразовавшегося подзола.

Таков тот комплекс процессов, который, в конечном результате, приводит к образованию *горизонта подзола* в поверхностном слое рыхляковой алюмосиликатной породы.

Свойства подзолистого горизонта. Поверхностный слой рыхляковой алюмосиликатной породы претерпевает ряд глубоких изменений. Прежде всего из породы удаляются все соли кальция, не только углекислого, но и поглощенного.

Затем из породы удаляются вся окись железа и марганца и весь каолин, другими словами, *удаляются все элементы глины*, которые обуславливали связность породы. Порода лишается связности и вместе с удалением из нее элементов глины *утрачивает агрегатное состояние*. Порода вновь приобретает свойство бесструктурности.

Свойство бесструктурности или раздельночастичности в еще большей мере усиливается отложением в подзолистом горизонте аморфной кремневой кислоты. Последняя своими частичками крупностью от 0,01 до 0,001 мм заполняет все промежутки между оставшимися элементами породы. Поэтому весь горизонт подзола обладает свойствами средней пыли, крупность которой равна 0,01—0,001 мм.

Все промежутки его обладают волосными свойствами. Поэтому во влажном состоянии в подзоле совсем не содержится воздуха, он не способен к образованию агрегатной структуры вследствие отсутствия в нем глины. То же отсутствие глины делает подзол пластичным во влажном состоянии, когда вода, заполняющая все его промежутки, играет роль связующего вещества. Но как только высыхает такая почва, она от малейшего давления рассыпается в порошок, так как связностью, свойством глины, она не обладает.

Воднорастворимые продукты подзолообразовательного процесса очень просты. Они состоят из двух групп веществ:

1) минеральных солей всех элементов зольной части растений, получившихся от распада лесной подстилки, и

2) солей богатой азотом органической кислоты, кренатов кальция, железа, марганца и алюминия, получившихся от реакций, протекающих в подзолистом горизонте, и от воздействия креновой кислоты на углекислые окиси, получившиеся от разложения подстилки; в числе последних получают также и кренаты щелочей.

Если припомнить все реакции креновой кислоты в горизонте подзола, мы приходим к заключению, что в результате их *креновая кислота будет нейтрализована*. Она нейтрализуется углекислосодержащей солью, образуя нейтральный кренат кальция и улетучивающуюся угольную кислоту. Усреднение креновой кислоты свободными полутонкими окислами с образованием нейтральных солей железа и марганца также ясно. Наконец, при реакции с каолином тоже получают нейтральный кренат алюминия и нерастворимая в воде аморфная кремневая кислота.

Ясно, что на некоторой глубине в почвообразующей породе установится *нейтральная реакция*. Также ясно, что глубина, на которой установится нейтральный горизонт, будет находиться в прямой зависимости от количества выщелачиваемых веществ, усредняющих креновую кислоту.

В горизонте лесной подстилки вследствие содержания в ней дубильных веществ могут развиваться только грибы.

В горизонте подзола, пока над ним лежит лесная подстилка, реакция также постоянно кислая от беспрерывно притекающей креновой кислоты, и вследствие этого в нем не могут развиваться ни бактерии из-за кислой реакции, ни грибы из-за креновой кислоты, которая представляет отброс грибов. Поэтому горизонт подзола в этих условиях совершенно мертв, в нем протекают только минеральные, абиотические реакции.

Как только устанавливается нейтральная реакция, так устанавливается и возможность развития микрофлоры.

Выше горизонта с устойчивой нейтральной реакцией лежат два других. Первый — лесная подстилка, в которой бурно протекает грибной, аэробный процесс. Этот процесс поглощает весь кислород, который притекает из воздуха. Второй — подзол, в который из лесной подстилки беспрерывно притекает вода и который во влажном состоянии совершенно непроницаем для воздуха.

Анаэробный горизонт подзолистых почв. Очевидно, что в нейтральном горизонте может возникнуть только анаэробный процесс. В спорах анаэробных бактерий недостатка быть не может. Они заносятся из воздуха дождевой водой, которая бурно врывается в широкие промежутки между элементами подстилки и вносит споры бактерий по неволосным трещинам породы, ходам отмерших корней и т. д. В этом горизонте находятся огромные количества анаэробных бактерий.

Как всякий организм анаэробные бактерии предъявляют два общих требования к окружающей среде, они требуют энергии и пищи.

Бактериям как пезелевым организмам необходимо в качестве источника энергии органическое вещество.

В разбираемых условиях приток нейтрального органического вещества вполне обеспечен в виде непрерывного тока кренатов, приносимых водой из горизонта подзола. Для освобождения необходимой энергии из органического вещества анаэробные бактерии выделяют энзимы, разрушающие креновую кислоту притекающих кренатов.

Очевидно, что при разрушении креновой кислоты кренатов основания, входящие в состав последних, должны освободиться. Выделяющиеся из наличных кренатов окиси железа, марганца и алюминия остаются в свободном состоянии, но окись кальция в свободном состоянии остаться не может и немедленно соединяется с угольной кислотой, которая всегда выделяется при анаэробном распаде органического вещества.

Все перечисленные основания всегда находятся в этом горизонте развития анаэробных бактерий в настолько повышенном содержании, что заслужили ему название в зависимости от характера рыхляковой породы. В случае наличия алюмосиликатной породы он называется горизонтом скопления полторных окисей. В случае наличия карбонатной породы он называется карбонатным горизонтом, или «горизонтом бурного вскипания».

Беспрерывный нисходящий ток воды под пологом леса удовлетворяет и другим требованиям анаэробных бактерий. Он прежде всего беспрерывно выносит из горизонта развития анаэробных бактерий выделяемую ими ульминовую кислоту, унося ее в более глубокие горизонты породы. Таким образом беспрерывно осуществляется и условие оздоровления среды. Конечно, этим не исключается возможность и денатурирования ульминовой кислоты, обращения ее в ульмин при замерзании этого горизонта зимой. Поэтому в нем всегда находится и некоторое количество аморфного черегноя, ульмина.

Второе требование анаэробных бактерий, которое удовлетворяется нисходящим током воды, это — приток элементов пищи. Потребность бактерий в зольной пище удовлетворяется с большим избытком приносом из горизонта лесной подстилки тех минеральных солей, о которых упоминалось выше. Питание бактерий летучими элементами органического вещества удовлетворяется в отношении углерода, водорода и азота при разрушении креновой кислоты бактериями.

Иначе обстоит дело со снабжением анаэробных бактерий кислородом как пищей, необходимой для построения органического вещества организма бактерий. К кислороду как пище все организмы предъявляют одинаковое требование, чтобы он был связан в форме кислородного соединения. Повидимому, источником связанного кислорода для питания анаэробных бактерий могла бы служить креновая кислота кренатов, разрушаемая бактериями для получения энергии. Но это неосуществимо в условиях анаэробного процесса.

При анаэробном распаде органического вещества весь кислород, в нем содержащийся, выделяется в виде угольной кислоты. Остающийся избыток углерода связывается с водородом органического вещества, образуя метан (CH_4). Остаток водорода связывается с серой и фосфором органического вещества, образуя сернистый и фосфористый водород. Остающиеся водород и азот выделяются в молекулярном состоянии.

Кислород уголекислоты, повидимому, удовлетворяет условиям пищевого кислорода, он находится в связанном состоянии. Но связь его с углеродом в уголекислоте настолько сильна, что для нарушения ее необходимо посредничество посторонней энергии. Так, зеленые растения разрушают связь элементов уголекислоты только на свету. Без посредства зеленых растений угольная кислота разрушается только при очень высокой температуре. Бактерии не в состоянии расщепить угольной кислоты.

Поэтому анаэробные бактерии отщепляют кислород от всех тех окисленных соединений окружающей среды, в которых связь кислорода более рыхла и которые могут выделить часть или весь кислород, в них содержащийся. Бактерии анаэробные восстанавливают все элементы окружающей среды, способные к восстановлению.

Это свойство представляет наиболее характерный признак анаэробного процесса.

При рассматриваемых нами условиях элемент среды, наиболее легко отдающий часть кислорода, — креновая кислота кренатов, притекающих из горизонта подзола. Первые ее порции используются анаэробами как источник энергии, следующие — как источник кислорода.

Креновая кислота при восстановлении обращается в так называемую апокреновую. Образующаяся в этих условиях известковая соль апокреновой кислоты, или апокренат кальция, трудно растворима в воде, а апокрематы трехвалентного железа, марганца и алюминия представляют соединения, абсолютно не растворимые в воде. При своем образовании в почве из разжиженных растворов эти соли отлагаются в виде весьма объемистых аморфных осадков, которые при высыхании чрезвычайно сильно уменьшаются в объеме. Они в сухом виде представляют камнеобразные тела, совершенно аморфные и не способные вновь разбухать в воде. В сухом состоянии апокренат кальция серо-желтого цвета, трехвалентного железа — коричневого, марганца — черного и алюминия — белого.

Всюду, где в природе протекает почвообразовательный процесс под пологом леса (кроме случаев, оговоренных дальше), неукоснительно встречается ниже горизонта подзола отложение всех упомянутых апокренатов.

В случае преобладания в рудяковой породе уголекислой извести отлагается апокренат кальция. В случае преобладания окисей железа или марганца и алюминия отлагаются апокрематы полуторных окисей.

В том случае, когда в почвообразующей породе преобладает скопление окиси железа, оно всегда сопровождается и скоплением апокрената железа, и тогда горизонт, непосредственно подстилающий подзолистый, носит название рудякового, или ортштейнового.

Свойства рудякового горизонта. Название рудяковый происходит не только вследствие его внешнего сходства с железной рудой, но и потому, что в случае значительного скопления упомянутых соединений железа этот горизонт или соответствующие элементы его служат для добывания железа под названиями дерновой, денежной, болотной, озерной руды, причем не только в размерах кустарного производства.

В случае преобладания апокрената кальция за горизонтом остается название карбонатного, или *горизонта бурного вскипания*, обязанного своим названием скоплению всегда при этом сопутствующего карбоната кальция.

Остается упомянуть еще об одном процессе, который механически неизбежно сопровождает процесс обособления рудякового, или карбонатного, горизонта. Корневая система лесных деревьев глубоко проникает в толщу материнской породы. Отдельные корни по трещинам достигают часто глубины многих метров. Из огромного объема рудяковой породы корни деревьев поглощают зольные элементы пищи, в том числе и фосфор. Поглощенные элементы используются на построение органического вещества, равномерно распределяясь по всем органам растения. Ежегодно часть зольных элементов в виде лесной подстилки достигает поверхности почвы. Участь этих элементов в первых двух горизонтах подзолистей почвы нам уже известна.

Достигнув рудякового нейтрального горизонта, прежде всего автоматически, вследствие только факта нейтрализации креновой кислоты, *должен осесть в нерастворимой форме фосфат кальция*, и очевидно, что приток его к поверхности этого горизонта должен быть непрерывным все время, пока существует лес. Отложившийся в виде тончайшего порошка фосфат будет хорошо закреплен тем, что непосредственно за его отложением в том же горизонте оседает и нерастворимый аморфный осадок апокренатов. Эти *коллоидальные осадки облекут весь вытесненный порошок* фосфата кальция. Так как влагоемкость этих объемистых осадков достигает высшей степени своего природного проявления и в свежесозданном состоянии они могут содержать до 10 000% воды, скорость волосного передвижения воды в них практически равна нулю. Поэтому, несмотря на тончайшее порошковатое состояние, в котором отлагается фосфат кальция, несмотря на его растворимость в воде, содержащей углекислоту, и несмотря на непрерывный ток воды в почве под пологом леса, отложившийся в рудяковом горизонте фосфат кальция совсем не растворяется в воде. *В почвенных водах, прошедших под пологом леса через рудяковый горизонт, не содержится никаких следов фосфора.*

Отложение фосфата кальция одновременно с окисью железа и его апокренатом причина того, что чугуны, получаемый из подобных руд, всегда богат фосфором, который приходится удалять из такого чугуна в форме так называемого *томасового шлака*, или *томасшлака*.

При образовании объемистый осадок апокренатов захватывает и все количество наличных солей зольных элементов пищи растений. Эти соли адсорбируются огромной поверхностью мельчайших частиц образовавшегося коллоидального осадка. Они не могут быть выщелочены по двум причинам. К образовавшемуся осадку непрерывно притекает новое количество солей из горизонта подстилки, и состав этих солей в среднем не изменяется. Они представляют продукты распада подстилки, состав которой в среднем постоянен. Следовательно, *отсутствует стимул для обменного разложения с поглощенными солями*. Кроме того, одновременно с растворимыми солями элементов зольной пищи растений в нейтральный горизонт проникает и раствор нейтральных кренатов. Под влиянием условий, которые были разобраны выше, кренаты частью образуют тонкие аморфные порошки карбоната извести и окисей железа, марганца и алюминия, и другая их часть обращается в осадки апокренатов тех же оснований. Эти аморфные и коллоидальные осадки, *как и ранее образовавшиеся, обволакивают все сопутствующие им соли элементов золь растений*.

Обособление глеевого горизонта. Процесс разрушения креновой кислоты кренатов представляет процесс биологический и, как всякий жизненный процесс, совершается в зависимости от жизнедеятельности организма, которая протекает во времени. Очевидно, что скорость реакции процессов биологических в среднем представляет величину меньшую, чем скорость реакций чисто химических. Вследствие этого ясно, что непрерывающийся нисходящий ток воды в почве, покрытой лесом, будет влиять на расширение рудякового горизонта в глубину. Не менее ясно, что по мере углубления концентрация раствора кренатов будет прогрессивно уменьшаться вследствие процессов разрушения креновой кислоты

у некоторого количества их и восстановления другой части их в апокренаты в строгом количественном соотношении с первым процессом.

Таким образом на некоторой глубине ниже рудякового горизонта обособится еще один горизонт. Там (сначала временами, в зависимости от скорости нисходящего тока воды, а еще глубже и непрерывно) притока креновой кислоты кренатов будет достаточно только для удовлетворения потребности анаэробных бактерий в источнике энергии, так как преобладающее количество креновой кислоты или уже разрушено теми же бактериями в рудяковом горизонте для получения энергии, или переведено ими же в нерастворимые апокренаты.

В этом горизонте анаэробные бактерии поэтому используют в качестве источника кислорода, необходимого им как пища, прежде всего окись железа, входящую в состав апокрената, который отложился в породе как результат восстановления креновой кислоты кренатов трехвалентного железа. При таком восстановлении окиси железа в закись изменяется и цвет породы этого горизонта, получившего название *глеевого*. Цвет его из красного или желтого переходит в серый цвет, присущий измельченному кварцу, аморфной кремневой кислоте и каолину, входящим в состав почвообразующей породы.

Присутствие апокрената закиси железа легко констатируется, так как глеевый горизонт окрашивается в синий цвет раствором железистосинеродистой соли. Если же восстановлению подверглась и свободная окись железа, то синяя окраска получается после предварительной обработки почвообразующей породы глеевого горизонта соляной кислотой.

Переход апокрената окиси железа в апокренат закиси железа имеет огромное значение вследствие легкой растворимости апокрената закиси железа в воде. Это свойство его приводит к вымыванию солей железа из почвы, и на месте бывшего глеевого горизонта остается нерастворимый в воде ульмин, образующийся при анаэробном процессе, здесь господствующем. Обособляется так называемый «перегнойный ортштейн».

Если окинуть общим взглядом всю схему процесса подзолообразования, то с очевидностью бросается в глаза, что все вещества, могущие оказать активное влияние на элементы рухляковой породы, так или иначе задержались во вновь обособившихся почвенных горизонтах или утратили свои активные свойства.

Поэтому непрерывный нисходящий ток воды в почве, покрытой лесом, может внести лишь небольшие изменения свойства рухляковой породы, лежащей ниже глеевого горизонта. Эти изменения сводятся к следующему.

Несмотря на влияние лесной подстилки, влажность всей толщи породы, лежащей выше горизонта максимального скопления корней лесных деревьев, очевидно, не может оставаться без изменения. Эти изменения будут прежде всего выражаться в постепенном уменьшении содержания воды в породе сверху вниз.

Наибольшей влажностью будут обладать верхние горизонты, лежащие непосредственно под лесной подстилкой. Наименее влажным будет горизонт наибольшего распространения корней деревьев, положение которого колеблется около 1 м. Он часто бывает так сух, что при копании пылит, между тем как в горизонте подстилки вода содержится в изобилии, выдавливается из-под ноги.

Кроме этих постоянных отношений, влажность всей толщи породы, выше горизонта наибольшего скопления корней, очевидно, будет также изменяться в зависимости от частоты и количества выпадающих осадков. В периоды продолжительных засух, особенно в конце лета, общее содержание воды во всей толще породы будет падать, и очевидно, что разница влажности последовательных по глубине горизонтов будет постепенно сглаживаться.

Эти изменения касаются только конца лета, так как зимой, после замерзания верхних горизонтов, состояние влажности их изменяется только под влиянием сгущения паров воды, проникающих из нижних, незамерзших горизонтов породы, и сгущающихся на поверхности в кристаллы льда. В течение зимы питание водой корней деревьев происходит в лесу только за счет восходящего тока воды из массы породы, лежащей ниже горизонта скопления корней. Всасывающая

деятельность последних совершенно не допускает проникновения восходящего волосного тока выше горизонта корней.

Образование ореховатости материнской породы. Под влиянием высыхания материнская порода растрескивается вследствие неизбежного сжатия ее объема при уменьшении влажности. Пересекающиеся в разных направлениях трещины раздробляют породу на многогранные отдельности разной крупности, и волосной нисходящий ток прекращается.

При наступлении дождей вода, прошедши слой подстилки, быстро проникает в трещины, которые не успевают быстро сомкнуться. Для этого отдельности породы должны вновь набухнуть до прежних размеров под влиянием увлажнения. Но их увлажнение может произойти только волосным движением воды, омывающей их по трещинам. Так как отдельности породы крупны, то насыщение их волосной водой требует некоторого времени.

Вода, проликаящая сверху, увлекает из подзолистого горизонта образующуюся в нем воднорастворимую кремневую кислоту. По мере всасывания воды отдельностями породы кремневая кислота под влиянием кислой реакции успевает перейти в кремнезем, который и покрывает стенки трещин, грани отдельностей породы аморфным порошком, белой или серой кремнеземной присыпкой.

После летней засухи наступают осенние дожди, которые усиленно промывают рудяковый горизонт, освобождая его от ульминовой кислоты, скопившейся за время летнего перерыва или замедления нисходящего тока воды. Вследствие скопления в рудяковом горизонте большого количества глинистых и коллоидальных частичек, изменение его массы в объеме особенно велико. Поэтому он распадается на гораздо более мелкие отдельности, чем более глубокие горизонты породы, и промывка его водой, стекающей по трещинам, очень совершенна. Тому же способствует и очень медленное насыщение его отдельностей водой, и пока происходит этот медленный процесс набухания, ульминовая кислота легко осмотически переходит из отдельностей в воду, текущую по ограничивающим их трещинам.

При замерзании зимой ульминовая кислота денатурируется и оседает на стенках трещин породы вместе с аморфным кремнеземом, образуя очень характерные так называемые «примазки».

Эти осадки на гранях отдельностей породы препятствуют плотному слиянию массы породы, и при новом высыхании масса породы растрескивается по тем же трещинам. Нарастающие из года в год валеты осадков закрепляют новый признак, который называют *ореховатой структурой* и считают характерным признаком настоящего или бывшего присутствия на почвообразующей породе леса.

Проникающая за пределы промерзания почвы ульминовая кислота не денатурируется, и в более глубоких горизонтах материнской породы примазки постепенно исчезают; почвенные воды под лесными массивами всегда окрашены в желтоватый цвет следами ульминовой кислоты.

Роль леса в биологическом круговороте элементов пищи. Здесь уместно обратить внимание на ярко обрисовывающееся значение леса в общей экономике природы, на котором придется еще остановиться во второй части этой книги.

Анализы почвенных вод, вытекающих из-под сомкнутых лесных массивов, указывают на изумительно малое количественное содержание в них элементов зольной пищи растений, настолько малое, что, например, фосфора в них совсем не встречается.

Все эти вещества поглощаются или обволакиваются коллоидальными осадками апокренов рудякового горизонта.

Это указывает на то, что биологический круговорот элементов зольной пищи растений не замыкается в простом круге: порода — лес — порода. Этот «круг» представляется многочленным, и роль других его членов я постараюсь, насколько это возможно вообще при моих современных знаниях, очертить в дальнейшем. Сейчас для нас ясна только общая роль леса в круговороте биологически важных элементов в природе.

Деревья, образующие настоящие леса, а не «леса по болотам», отличие которых будет разобрано дальше, имеют глубокую многолетнюю корневую систему.

Многолетность и есть основной фактор, определяющий возможность развития корневой системы в длину. Глубокая корневая система позволяет лесу охватывать колоссальные массы почвообразующего рудяка. Из массы этой породы древесные корни извлекают зольные элементы своей пищи и ежегодно откладывают их пелликом в почве. Эти элементы пищи остаются в почве главным образом в рудяковом горизонте и не проникают ниже в те горизонты, где располагается деятельная часть корневой системы деревьев. Поэтому деревья принуждены завоевывать своими корнями все новые массы породы, что и осуществляется вследствие многолетности древесных корней и их положительного геотропизма.

Возникает неизбежный вопрос, каким путем удовлетворяют деревья свою потребность в азотной пище. Ни горная, ни рудяковая порода не содержат азота.

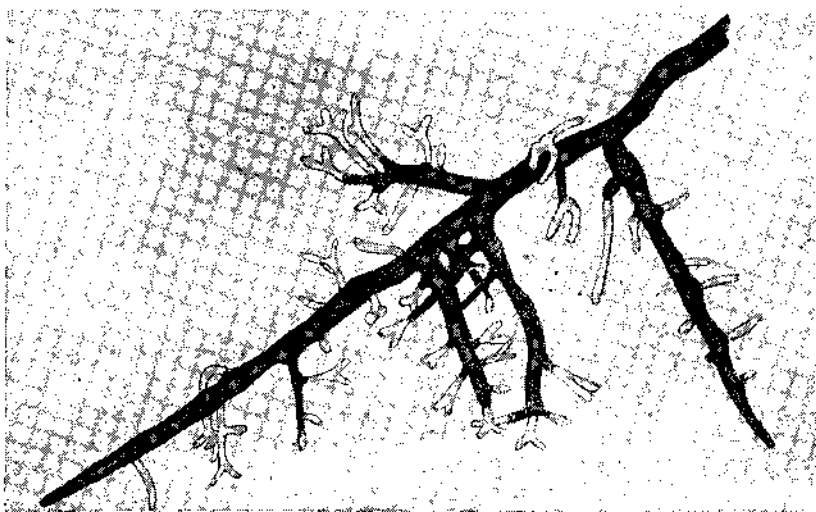


Рис. 26. Наружная (экотрофная) микориза сосны (по Л. Кнн. Bot. Wandiafeln. Taf. CXVI).

При грибном разложении в окружающую среду аммиака не выделяется, так же и при анаэробном. Креновая кислота содержит азот, но под воздействием анаэробизма она или разрушается с выделением молекулярного азота или обращается в совершенно нерастворимые в воде апокренаты.

Незначительное количество образующихся при разложении лесной подстилки углекислых окисей щелочей обращается в кренаты щелочей. В рудяковом горизонте их должна постигнуть та же участь, как и кренатов двуокисей. Они частью обратятся в карбонаты, частью они будут обращены в растворимые в воде щелочные апокренаты.

Как источник азотной пищи для деревьев остаются они и *ульминовая кислота*, которая в свободном состоянии всегда присутствует в почвенной воде лесных массивов. Там, где такая вода появляется на поверхности почвы в виде ручьев, она оставляет после окончания зимы на поверхности омываемых ею тел такой же бурый налет, как и «примазки» на ореховатых отдельностях почвообразующих пород.

В полном согласии с предположением, что *источник азотной пищи лесных деревьев — растворенная в почвенной воде леса ульминовая кислота и растворимые апокренаты*, находится и тот факт, что все без исключения лесные деревья представляют организмы микотрофные.

Корневые окончания лесных деревьев совсем не имеют корневых волосков. Вместо волосков они все снабжены *экотрофной* (рис. 26—32), а некоторые одновременно и *эндотрофной* микоризой. Микориза представляет мицелий (грибницу) грибов, симбиотически сожительствающих с зелеными растениями. Мицелий

или оплетает концы корешков в виде плотных оболочек и проникает между клетками коры в ткань корней, или часто сплошь заполняет полости клеток и, прободая их обращенные внутрь корня стенки, выходит наружу в виде коротких отростков между клетками коры.

Мицелий микоризы исполняет функции отсутствующих корневых волосков. Он всасывает воду



Рис. 27. Молодая микориза сосны (по О. Кирхнеру, *Lebensgeschichte*, 1904).

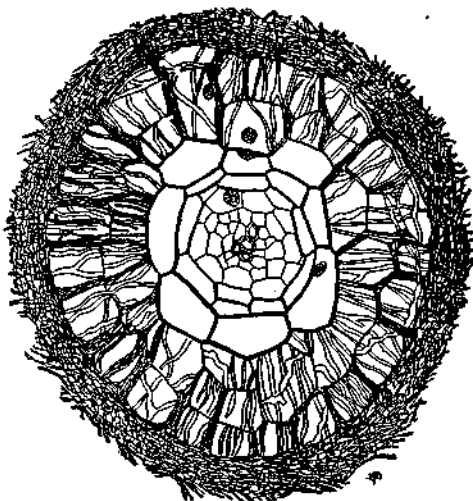


Рис. 28. Поперечный разрез корешка сосны, облеченного оболочкой мицелия и с мицелием внутри клеточек коры (по О. Кирхнеру).

и растворенные в ней соли. Вместе с тем грибница микоризы как бесхлорофильный организм разрушает органическое вещество, ульминовую и апокреновую кислоты, сама использует их богатое содержание азота и снабжает им своего сожителя, дерево. Кислая реакция ульминовой кислоты не вредна грибам.

Общая схема разобранного в настоящей главе подзолообразовательного процесса претерпевает глубокие количественные изменения под влиянием рельефа поверхности ружьяковой породы.

Под влиянием делювиальной (эрозионной) деятельности атмосферных осадков и разветвления (дефляции) элементов породы движением воздуха механический состав материнской породы претерпевает значительные изменения.

В результате совместной деятельности воды и ветра в районах распространения алюмосиликатной морены различным элементам рельефа присущи и различные поверхностные покровные породы. Водоразделы покрыты грубым хрящевым и песчаным элювием породы с неровно бугристой поверхностью. Первая, верхняя треть склонов представляет супесчаные породы. Вторая, средняя треть

склонов предоставляет широкий простор суглинкам. На нижней, или третьей, трети склонов развиты делювиальные глинистые породы, и в широких, плоских незаливных долинах лежат ровные поверхности тяжелых делювиальных глин (рис. 33).

Само собой разумеется, что разница в механическом составе всех этих разнообразных пород не может не сказаться на разнообразии их свойств, — они должны проявлять различное отношение к элементам окружающей среды. Из числа последних главную роль играют отношения пород к воде, отношения же их к остальным элементам среды представляют простую функцию их отношений к воде.



Рис. 29. Корешки дуба: А — сплошь покрытые мицелием микоризы; Б — молодые корешки, еще не облеченные мицелием микоризы (по *Lebensgeschichte*, Lief. 13).

Из сопоставления механического состава поверхностных слоев рыхляковой породы различных элементов рельефа мы можем сделать *следующие* выводы об отношениях этих элементов к воде.

Проницаемость породы достигает своего максимума в грубозернистых породах водоразделов и постепенно будет затухать по мере приближения к подошве склонов; в тяжелых глинах она равна нулю, если эти глины не находятся в агрегатном состоянии. Причины агрегатности делювиальных глин будут изложены ниже,



Рис. 30. Микориза корней горной сосны: а — сплошь покрывает корни; на остальных местные разрастания микоризы (по *Lebensgeschichte*, 1905).

здесь только укажем, что агрегатное состояние, при котором элементы породы собраны в более крупные отдельные, повышает проницаемость последней. Однако это повышение имеет практическое значение лишь в суглинках. Агрегатные тяжелые глины легко проницаемы только в сухом состоянии. Когда же эти породы напитаются водой, они сильно набухают, промежутки между отдельностями сильно уменьшаются, и вместе с тем падает и проницаемость.

В диаметрально противоположном направлении к проницаемости изменяются волосность и прямая ее функция, влагоемкость породы. Эти свойства наименее выражены в легко проницаемых породах водораздела и доходят до своего максимума в глинах конца склонов и тяжелых глинах долин.

Влияние рельефа на водный режим почвы. Хотя приток воды из атмосферы к поверхности различных элементов рельефа в равнинной местности и на не слишком больших площадях можно считать одинаковым, но общий приток всей воды будет различен на разных элементах рельефа.

Очевидно, что водоразделы будут получать количество воды, равное приходу ее из атмосферы. Так как проницаемые породы водоразделов будут впитывать всю притекающую воду и делювиальные токи на них не образуются, то очевидно,

что поверхность первой трети склонов тоже будет ограничена в притоке воды только поступлением ее из атмосферы.

Но уже со второй трети склона проницаемость породы настолько падает и волосное, прогрессивно замедленное движение воды в глубь породы настолько усиливается, что во время сильных дождей на поверхности породы образуются делювиальные потоки. Частота последних все более усиливается вниз по уклону, и в нижней трети склона уже каждый даже слабый дождь образует делювиальные потоки.

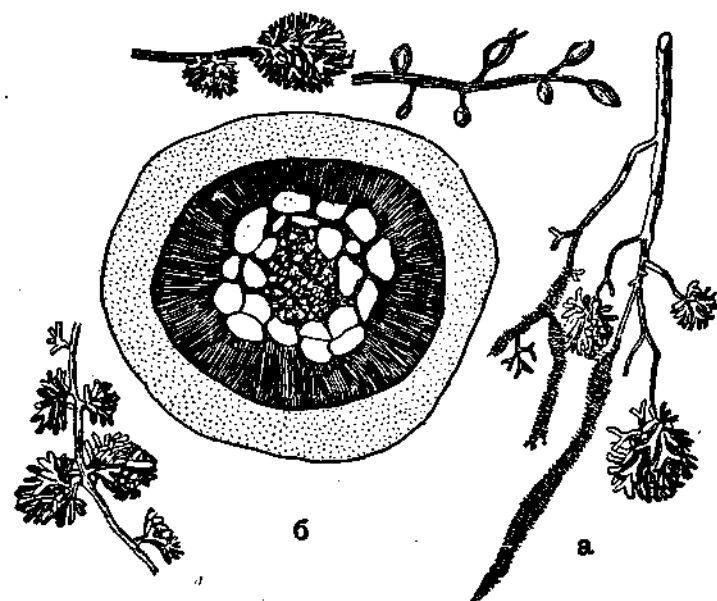


Рис. 31. Микориза на корнях кедр: а — корни с корневыми волосками и микоризой; б — поперечный разрез корешка с наружной оболочкой мицелия, обильно проникающего в клетки коры; остальные — разные формы той же микоризы (по М. Рикли и О. Курзнеру, *Lebensgeschichte*, 1905).

Так как крутизна склонов по мере удаления от водоразделов все уменьшается вследствие отложения делювиальных сносов и скорость движения делювиальных потоков замедляется, то и волосное проникновение воды в породу усиливается по направлению к концу склона.

Вода, проникая в массу породы под влиянием проницаемости и волосности, встречает различные условия на различных элементах рельефа.

Быстро проникнув в элювий водораздела, нисходящий ток воды скоро достигает неизменной породы с преобладанием волосных промежутков, и здесь кончается ее стремительное вертикальное движение. Порода равномерно насыщена водой, и стимула к волосному ее передвижению нет.

Тогда начинается движение воды по направлению к падению склона по толще легко проницаемого элювия, который непосредственно и постепенно переходит в супеси первой трети склона и далее в суглинки и делювиальные агрегатные глины.

Рис. 32. Поперечный разрез корешка енисейского кедр. Снаружи слой мицелия, заполняющего и клетки коры (по М. Рикли и О. Курзнеру, *Lebensgeschichte*, 1905).

По мере этого движения вода встречает все возрастающее сопротивление породы, волосность которой непрерывно растет, а проницаемость уменьшается.

Движение воды вниз по склону в массе породы все больше замедляется. Притекающая вода в породе на низших элементах склона встречает все возрастающее количество воды, уже содержащейся в породе. Это та вода, которая задерживается в ней вследствие все возрастающей волосности, а следовательно, и влагоемкости породы, и вода предыдущего дождя, которая вследствие возрастающей медленности своего движения еще не успела стечь в долину реки.

Очевидно, что, под влиянием замедляющейся скорости

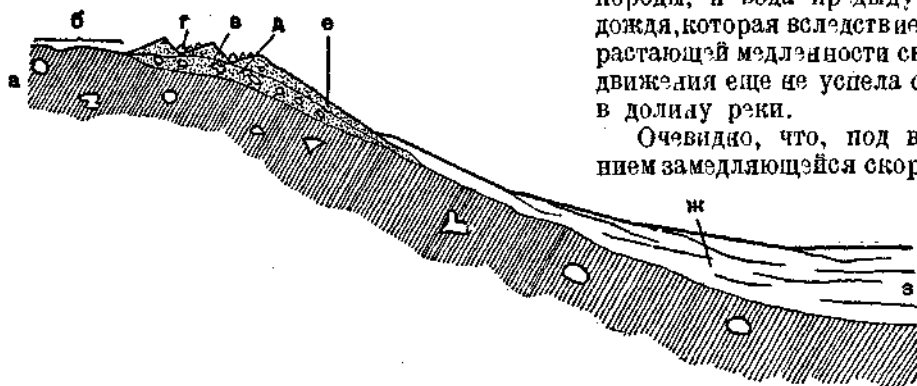


Рис. 33. Схема распределения по рельефу моренных отложений, водных и ветровых образований: а — основная морена; б — водораздельное плато; в — бугристые водораздельные пески; г — вторичный ветровой элювий (камни и хрящ); д — элювий морены; е — песчанопылевые ветровые сносы; ж — делювий морены; з — область структурных делювиальных глин.

движения и как результат увеличивающегося абсолютного содержания воды в породе, должно на некотором расстоянии от водораздела проявиться постоянное наличие воды в массе породы. Так как движение воды вниз по насыщенной водой породе не может осуществиться, то очевидно, что уровень почвенной воды должен повышаться с падением склона.

Подобный процесс протекает на всех порядках рельефа, составляющих в своих комбинациях микро-, мезо- и макрорельеф страны.

Законы движения почвенной воды. Из созокующего влияния всех пе-



Рис. 34. Схема распределения почвенной воды по рельефу. Прерывная линия — область временного наличия воды (верховодки); сплошная линия — уровень постоянной почвенной воды. Стрелки выражают направление движения почвенной воды. Длина стрелок — относительная величина скорости ее движения.

речисленных условий складываются законы движения почвенной воды (рис. 34):

1. Уровень почвенной воды в общем повторяет изменения рельефа поверхности почвы.

2. На водоразделах и первой трети склона присутствие почвенной воды временное, вода (верховодка) появляется только в периоды таяния снега и после сильных и продолжительных дождей.

3. Постоянный уровень почвенной воды начинается со второй трети склона и продолжается до конца его.

4. По мере приближения к подошве склона уровень почвенной воды повышается и в долинах с малым падением может достигнуть поверхности почвы.

5. Скорость движения почвенной воды постепенно замедляется по направлению к подошве склона.

6. Абсолютное количество почвенной воды беспрерывно увеличивается в том же направлении.

Грунтовая и артезианская вода. От почвенной воды следует отличать *грунтовые воды*. Они образуются из воды атмосферных осадков, проникающих по трещинам *почвообразующей породы* во время движения почвенной воды по горизонтам покровных пород. Достигнув проницаемого, грубозернистого пласта, грунтовые воды движутся по уклону его нижней границы, образуя *первый горизонт грунтовой воды*.

Часть грунтовой воды, проникая в трещины породы, подстилающей первый водоносный горизонт, может, в свою очередь, достигнуть нового проницаемого слоя породы, образуя в последовательном порядке второй, третий и т. д. горизонты *артезианской воды*.

Движение почвенной воды составляет очень важный природный фактор, влияющий на степень выраженности всех горизонтов, обособляющихся в рухляковой породе при подзолообразовательном процессе.

Влияние этого движения на грибной процесс разложения лесной подстилки невелико. Оно может сказаться лишь в задержке движения почвенной воды, скопляющейся временами в отрицательных элементах рельефа и не успевающей стекать по долине. Здесь она может *задержать процесс разложения подстилки*, создавая условия *анаэробизиса* и принося избыток *креновой кислоты*, вымытой из подстилки более высоких элементов рельефа.

Особенности подзолообразования в зависимости от рельефа. Влияние водного режима почвы на процессы, идущие в подзолистом горизонте, уже несколько больше. Оно сказывается прежде всего в том, что *быстрота* движения воды будет непосредственно влиять на *продолжительность соприкосновения* элементов породы с креновой кислотой. Интенсивность воздействия креновой кислоты на породу будет возрастать в нижних элементах рельефа. Вместе с тем глубокое проникновение воды в породу водоразделов обуславливает *влияние креновой кислоты на большую толщу породы*.

В том же направлении оказывает свое влияние и *химический состав пород водораздела*. Как элювий, они почти лишены тончайших элементов, содержащих как раз те вещества, которые реагируют с креновой кислотой, приводя к ее нейтрализации. В такой породе усреднение креновой кислоты происходит несовершеннее, что при порывистости водного режима водораздела должно привести к образованию *почв, оподзоленных на большую глубину*. В действительности на водоразделах и встречаются мощные подзолистые горизонты до 50—70 см глубины. Очевидно, что и степень оподзоленности таких пород здесь будет меньше.

Противоположные условия сосредоточены на нижней трети склона. Медленное течение, высокий и устойчивый уровень почвенной воды должны привести к большой интенсивности действия креновой кислоты. Породы в этой области склона чрезвычайно богаты глиной, и следовательно, для усреднения креновой кислоты понадобится гораздо меньшее количество породы, что и выразится в форме *гораздо меньшей мощности подзолистого горизонта*. В природе, действительно, мощность подзолистого горизонта в третьей трети склона и в долинах колеблется между 15—30 см.

Влияние водного режима скажется и на содержании аморфного кремнезема. На водоразделах и верхних частях склонов мы никогда не встретим *значительного количества мучнистого кремнезема*. Причины ясны, мало материала, из которого он может образоваться: глина была вымыта делювиальным процессом. Кроме того, порывистый и быстрый ток воды будет усиливать вынос вниз по склону большого количества воднорастворимой кремневой кислоты, раньше чем она успеет обратиться в кремнезем.

Очевидно, что *покойный и медленный темп движения почвенной воды будет способствовать отложению кремнезема в подзолистом горизонте нижних третей*

склона. Что действительно кремневая кислота способна передвигаться в описанных условиях, видно из того, что в нижних частях склонов все полости почвы, норы червей и личинок насекомых и т. п. забиты рассыпчатой массой чистого кремнезема, резко выделяющегося белыми пятнами на общем сером фоне почвы. Поэтому и отличают *легкие, слабо подзолистые почвы верхних частей склонов и тяжелые подзолы нижних*.

При анализе влияния водного режима на особенности обособления рудякового горизонта следует иметь в виду, что обособление рудякового горизонта — процесс биологический, жизнь группировок анаэробных бактерий. Время играет в биологических процессах гораздо большую роль, чем в химических реакциях абиотического характера. Жизнь протекает во времени.

Водораздельный подзол. Ясно, что в условиях порывистого водного режима водораздела, где всякий дождь вносит и также быстро уносит до следующего дождя кренаты, источник энергии бактерий и элементов их пищи, условия развития этих микроорганизмов будут находиться в минимуме. К этому надо еще добавить, что после сильных дождей при повышении барометрического давления возможно и глубокое проникновение свободной креновой кислоты в почву водораздела из горизонта подстилки.

Вследствие повышения атмосферного давления почвенный воздух, изолированный от атмосферного нисходящим слоем воды, уменьшаясь в объеме, действует всасывающим образом на воду и придает быстрому току воды еще большую скорость.

Под совокупным влиянием этих причин в водораздельных подзолах рудяковый горизонт совсем не развит. Так как глеевый горизонт — прямая функция рудякового и причину его обособления представляет также биологический процесс, то понятно и его отсутствие.

В водораздельных подзолах мощный, но легкий подзолистый горизонт непосредственно переходит в ореховатый горизонт рудяковой породы.

Только со второй трети склона, где ток почвенной воды умеряет свою скорость и размахи своих колебаний, начинает обособляться рудяковый горизонт. В начале склона рудяковый горизонт представлен лишь потемнением цвета материнской породы. Ниже по склону начинают появляться отдельные зерна бобовой руды, рассеянные на значительной толще. Зерна бобовой руды представляют участки породы, сцементированной апокренатами и обогащенной полуторными окисями или карбонатом кальция.

По мере движения вниз по склону «бобовины» руды встречаются все чаще, размеры их делаются все больше, горизонт их распространения все более сужается, и верхняя граница их распространения постепенно повышается.

Наконец, в конце третьей трети склона зерна рудяка могут сливаться в сплошной зернистый слой железной руды, твердой, как камень, и звенящей под ударами лома. Иногда масса породы сплошь цементируется в незернистый камень.

Ортзанд. Часто рудяковый горизонт представляет сплошную массу не связанную между собой бурых или черных зерен. В песках этот горизонт представлен сплошной красноватого рыхлого песчаника, называемого ортзандом, или железистым песком.

На карбонатных рудяковых породах известковый ортштейновый горизонт выявляется в форме известковых «журавчиков», или «дутьков», размеры которых увеличиваются по мере приближения к подошве склона, где они могут сливаться в сплошной слой «жестель».

Чугунные почвы. Одновременно с усилением степени проявления рудякового горизонта его верхняя граница приближается к поверхности почвы и может даже выйти на самую поверхность, образуя так называемые «чугунные почвы».

По мере развития рудякового горизонта усиливается проявление и подстилающего его глеевого горизонта. Он увеличивается в своей мощности, и все резче проявляется его серая окраска.

ЛУГОВАЯ СТАДИЯ ДЕРНОВОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Причины смены леса лугом. — Накопление аморфного перегноя и растительных остатков в почве луга. — Три типа злаков. — Роль корневищевых злаков под лесом. — Рыхлокустовая фаза луга. — Луговая стадия на лесосеках. — Коллоиды, коллоидальные растворы и суспензии почвы. — Приобретение дерновыми почвами комковатой структуры. — Значение злаков и бобовых луга в почвообразовании. — Внешние признаки дерново-подзолистых почв.

Подзолистых почв в чистом виде в природе не встречается. В ней широко распространены *дерново-подзолистые* почвы, образующиеся под попеременным воздействием преобладания то подзолистого, то дернового периодов почвообразовательного процесса.

В процессе развития деревянистой растительной формации, в ее природных проявлениях в виде лесных растительных группировок, всегда наблюдаются две фазы, «*сомкнутого*» и «*осветленного*» насаждения, связанных между собой попеременностью смены и постепенностью переходов.

Молодой природный лес всегда развивается очень густо. Молодые деревья располагаются настолько тесно, что кроны их не только соприкасаются, но и переплетаются, взаимно проникая друг в друга. Образуется настолько сомкнутый *полог или шатер*, что проникающего количества света недостаточно для развития под тенью сомкнутого полога другой, автотрофной растительности. В этом периоде развития леса почва под ним покрыта исключительно мертвым покровом, лесной подстилкой, под которым и протекает знакомый нам подзолообразовательный период в чистой форме.

Причины смены леса лугом. Сомкнутое состояние леса в умеренном поясе продолжается около тридцати лет. В дальнейшем насаждение начинает «естественно» изреживаться и постепенно переходит в фазу природно-осветленного леса. На поверхности почвы появляется *живой покров автотрофных растений травянистой растительной формации*, которым всегда предшествует развитие на поверхности лесной подстилки зеленых водорослей.

Наступает «семенной» год для одной из «господствующих» пород лесного насаждения. Почва леса под пологом взрослых деревьев покрывается густыми всходами молодых семян, и скоро под шатром крон взрослых деревьев вновь образуется сомкнутый полог молодняка. Под новым сомкнутым пологом молодняка погибает вся травянистая растительность, лишенная света. Получается «*двухъярусное*» насаждение с мертвым покровом почвы. Из таких периодически повторяющихся смен фаз развития складывается жизнь нормальной лесной группировки.

На фоне смены этих фаз развивается новый процесс, постепенно, незаметным образом приводящий к погашению первого подзолообразовательного периода, к его полному затуханию.

Начинается развитие дернового периода почвообразовательного процесса.

Сначала сроки пребывания травянистых растений на поверхности почвы *леса* коротки. Но продолжительность господства каждого последующего поколения травянистой флоры под пологом леса *прогрессивно удлиняется*. Одновременно процесс *природного (естественного) лесовозобновления претерпевает все больше*



Р и с. 35. Сомкнутый полог или шатер таежного леса.



Р и с. 36. Природное освещение вследствие затрудненного лесовозобновления деревьев, размножающихся только семенами.

затруднения, и в течение каждого возвращения господства травянистой растительности проходит все возрастающее число семенных годов, прежде чем удастся осуществиться природному лесовозобновлению.

Каждое новое поколение леса также прогрессивно становится все более слабо развитым и все менее долговечным.

Наконец, наступает такое состояние господства луга под покровом леса, во время которого молодое хилое поколение леса быстро отмирает, и на поверхности луга остаются лишь разрозненные деревья или группы их, принадлежащие к более ранним поколениям. Однако оставшиеся на лугу деревья уже не принадлежат к той породе (тому виду), которая составляла лес в начале его господства.

Весь этот сложный комплекс взаимно переплетающихся процессов есть простая функция существенного свойства луговой растительной формации. Эта функциональная зависимость может быть выявлена только диалектическим анализом.



Рис. 37. Остатки на лугу хвойных, размножающихся только семенами.

Только им можно выявить, как ничтожное следствие процесса, влияя при своем повторном накоплении на изменение условий среды, должно привести к обращению следствия в причину затухания того процесса, которому оно обязано своим происхождением.

Только диалектический анализ может пролить свет на причины неизбежности развития процесса почвообразования и его законы.

Накопление аморфного перегноя и растительных остатков в почве луга. Существенное свойство луговой формации складывается так. *Луговая растительность отмирает в начале зимы под влиянием устойчивых морозов.* Вследствие этого *осеннее разложение ее мертвых подземных остатков неосуществимо, и они целиком сохраняются в почве до весны.* Ранней весной в почве господствует первый количественный максимум влажности и, следовательно, первый минимум аэрации, и в массе почвы может протекать только анаэробный процесс, влекущий за собой образование ульминовой кислоты.

По мере весеннего высыхания почвы условия анаэробнозиса разрежаются. *Неизбежно протекающий с поверхности почвы аэробный процесс затрудняет доступ кислорода в массу почвы, и в тем большей степени, чем в почве больше орга-*

нического вещества. Накопленная за период весеннего анаэробнозиса ульминовая кислота упорно удерживается влагоемким мертвым органическим веществом и угнетает жизнедеятельность анаэробных бактерий. Вследствие сложности молекулярного состава ульминовая кислота очень медленно диффундирует в окружающую среду. Аэробный процесс из-за отсутствия кислорода воздуха в массе почвы и присутствия ульминовой кислоты не может захватить мертвого органического вещества всей массы почвы и ограничивается лишь поверхностным горизонтом, из которого дожди вымывают ульминовую кислоту.

Таким образом к новому моменту зимнего отмирания органического вещества следующего года сохраняется еще значительная часть прошлогоднего. Совершенно очевидно, что результатом ежегодного увеличения в почве количества мертвого



Р и с. 38. Низкоствольный лес из пород, размножающихся порослью от пня, сменивший хвойный высокоствольник в тайге.

органического вещества должна быть *прогрессивность* темпа сгущения условий анаэробнозиса. Поверхностный слой фильтра, поглощающего кислород, становится плотнее. Под влиянием же уменьшающегося проникновения кислорода аэробный процесс затухает.

Наступившие зимние морозы обратят ульминовую кислоту в ульмин, и в почве рядом с мертвыми, сохранившими структуру органическими остатками будет накапливаться и аморфный перегной.

Таким образом осуществляется существенное свойство луговой или дерновой растительной формации, она неизбежно должна вызвать прогрессивное накопление в занимаемой ею почве как органических остатков, так и аморфного перегноя.

Условия накопления луговой растительностью органического вещества в почве под пологом леса будут еще благоприятнее. Почва подзолистого горизонта под

пологом леса беспрерывно промывается раствором креновой кислоты. Поэтому пока не прекратится подзолообразование в почве, почти невозможно развитие ни бактерий, ни грибов, и ясно, что отмершие в таких условиях подземные части луговых растений не подвергнутся разложению.

Между тем условия для развития луговой растительности в горизонте лесной подстилки и в подзолистом горизонте под пологом леса очень благоприятны.

Три типа злаков. Для того чтобы ясно представить весь ход развертывающегося процесса образования дерновой почвы, остановимся коротко на характери-

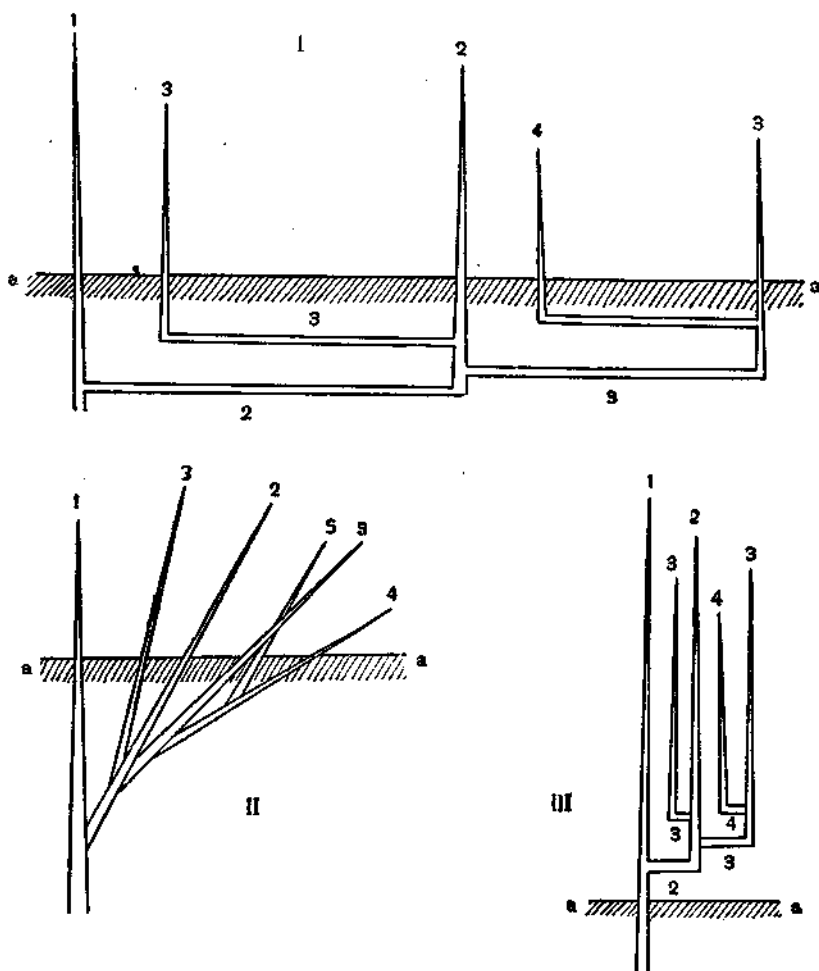


Рис. 39. Схема кущения злаков: I—корневищного; II—рыхлокустового и III—плотнокустового. Цифры показывают последовательный порядок подземных побегов и надземных стеблей; а—поверхность почвы. Кущение злаков так называемое симподиальное, т. е. каждый порядок побегов выходит на поверхность, образуя стебель; побеги последовательных порядков образуются из ветви предыдущего порядка.

стике трех типов злаков, которым принадлежит главное значение в дерновом периоде, главное в смысле количественном, так как со стороны качественной, принципиальной, все факторы процесса равнозначимы.

Всех «многолетних» представителей обширнейшего по распространенности семейства злаков можно подразделить на три типа по характеру развития тех вегетативных побегов, которые определяют их «многолетность».

Побег, отходящий от главного стебля в так называемом узле кущения (рис. 39), может развиваться в трех направлениях. Он может развиваться или параллельно

главному стеблю, или перпендикулярно к нему, или под иным углом. Эти три направления определяют морфологический признак, отличающий в том же последовательном порядке типы *плотнокустовых*, *корневищевых* и *рыхлокустовых* злаков (рис. 40—42).

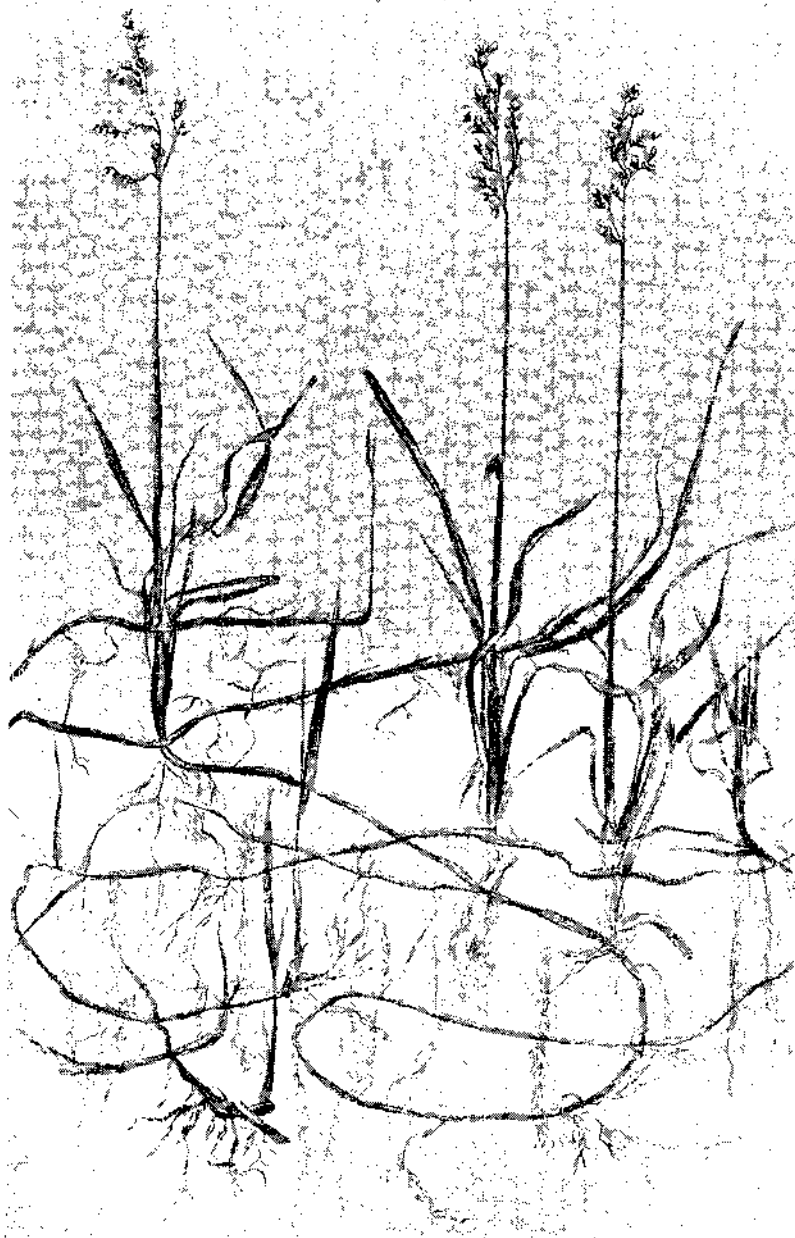


Рис. 40. Чаполовь, или зубровка (*Hierochloa odorata* L.). Длинные корневища, покрытые листовыми влагалищами с зачатками (чешуйками) листьев и короткими, очень ветвистыми корнями, выходящими из каждого узла (гербарий Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

Три типа злаков носят и ясно отличный биологический характер. У *корневищевых* злаков узел кущения всегда расположен на некоторой небольшой глубине (3—5 см) под поверхностью почвы. Из узла кущения развивается один или два-

три побега перпендикулярно к главному, т. е. под поверхностью почвы. Количество побегов зависит от числа укороченных междоузлий в узле купения. Побег, развивающийся в почве, так называемое корневище, образует три-пять узлов,

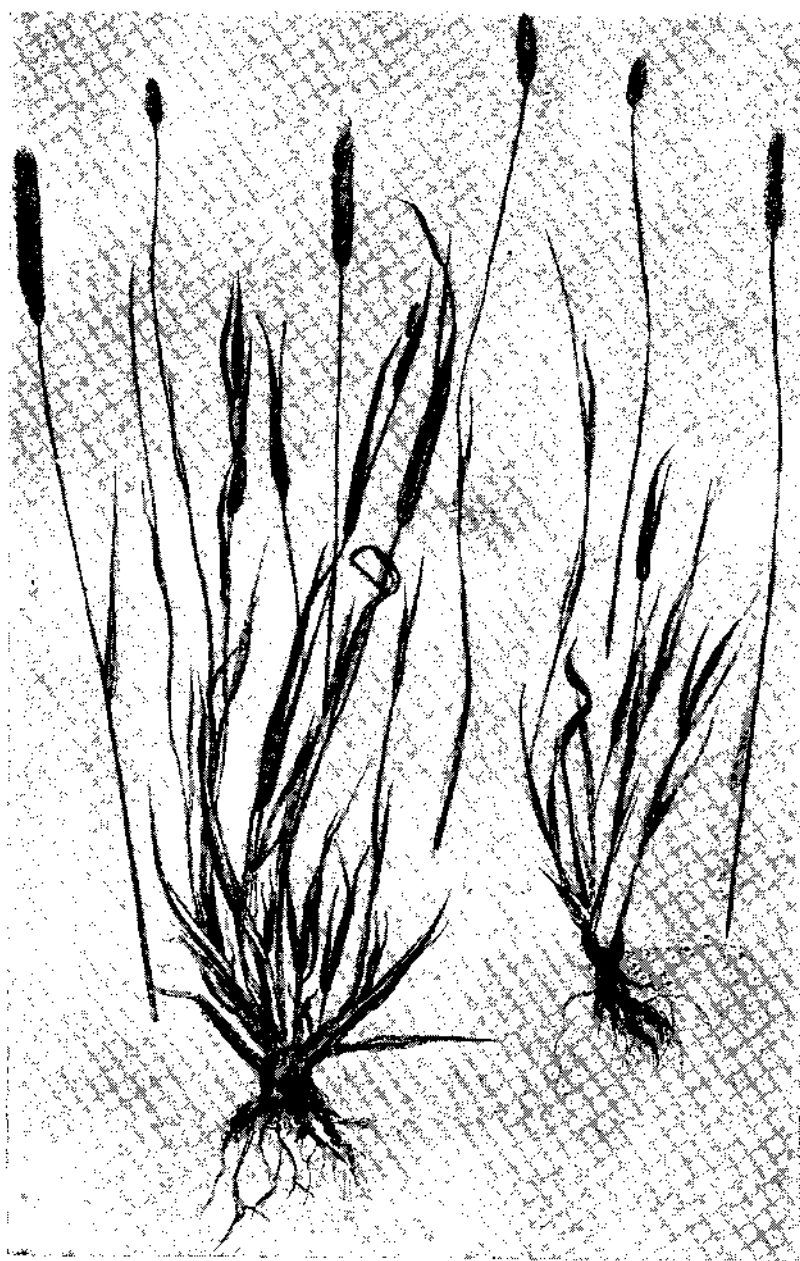


Рис. 41. Слева культурная, справа дикорастущая формы тимофеевки (*Phleum pratense* L.), образующие рыхлый куст (гербарий Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

причем в каждом узле он загибается вверх или прекращает свое развитие, или выходит на поверхность почвы. Из тех узлов, побеги которых вышли на поверхность почвы, образуются новые побеги, развивающиеся перпендикулярно к последнему побегу, т. е. также под поверхностью почвы. Дальнейшие узлы цвето-

ряют ту же схему. Такое развитие (симподиальное) продолжается до наступления морозов. В первый год развития злака зацветает и приносит плоды только первый побег, развившийся из семени (зерновки).

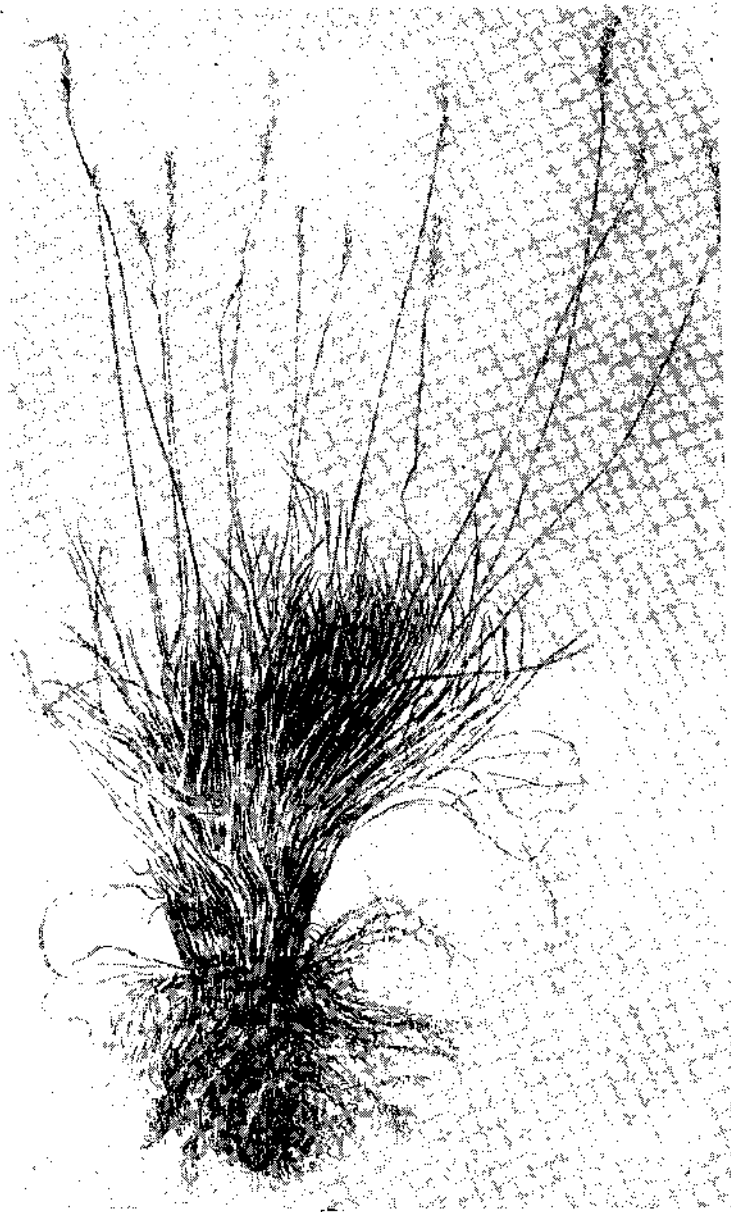


Рис. 42. Плотный куст овсяницы овечьей (*Festuca duriuscula* L.) с черной корневой системой, пронизанной внутренней микоризой (гербарий Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

На следующий год все вертикальные побеги весной трогаются в рост, образуют стебли и листья, зацветают и дают плоды. После окончания цветения каждый стебель из своего узла кушения, лежащего около 0,5 см выше материнского корневища, образует по 1—2 подземных корневища, которые развиваются,

повторяя прошлогоднюю схему. Корневища, развившиеся в прошлом году, отмирают с наступлением зимы со всеми своими стеблями и корнями.

Из каждого узла корневища и из узлов кушения развивается по несколько корней. Последние тонки, редко бывают длиннее 8—10 см, сильно разветвлены и образуют большое количество корневых волосков (рис. 40 и 45).

Второй тип злаков — *рыхлокустовые* — отличается от первого только количественно. Узлы кушения их расположены также под поверхностью почвы. Главный побег отходит от узла кушения под острым углом к развивающемуся вертикально побегу и образует только одно подземное междоузлие, со своим узлом кушения. Каждый побег каждого нового узла продолжает процесс кушения по той же схеме (рис. 46). В первый год развития цветет и плодоносит только первый побег, развившийся из семени.

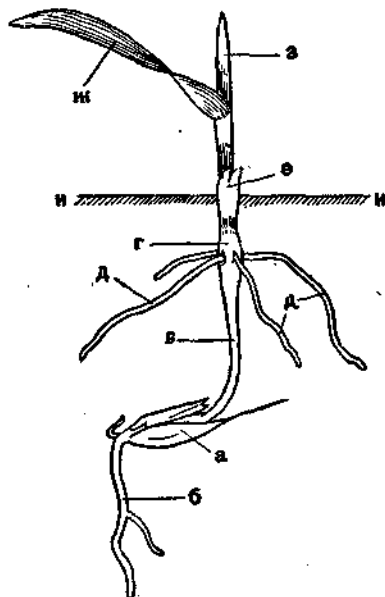


Рис. 43. Схема проростка злака: а — плод в чешуйках; б — главный корень; в — первое междоузлие, заключенное в первичное листовое влагалище; г — узел кушения; д — придаточные вторичные корни, прободающие первичное листовое влагалище; е — первичное листовое влагалище, открывшееся выше поверхности почвы; ж — первый лист, облегающий своим листовым влагалищем второе (надземное) междоузлие; з — второй лист; и — поверхность почвы.

Корни у рыхлокустовых злаков выходят в числе двух из каждого узла кушения. Они так же тонки, как у корневищевых, так же несут многочисленные разветвления и развивают многочисленные корневые волоски. В отличие от корневищевых корни рыхлокустовых развиваются до 30 см и глубже.

От двух первых типов качественно, принципиально отличается третий тип *плотнокустовых* злаков. Узел кушения плотнокустовых всегда лежит выше поверхности почвы. Узел кушения злаков представляет комплекс наиболее деятельных тканей их организма, и жизнедеятельность его протоплазмы в числе других условий требует одновременного наличия кислорода и влажности. Выйдя из-под защиты поверхностного горизонта почвы, узел кушения плотнокустовых злаков попадает в условия хорошего доступа кислорода, но одновременно он находился бы в условиях резких колебаний влажности, если бы путем подбора не выработался *плотный куст*. Плотный куст, с его лучами расходящимися стеблями, допускает *свободный доступ воздуха* к узлам кушения через промежутки между расходящимися стеблями. Вместе с тем плотность куста, обуславливая окружение узлов кушения с боков влагоемкой массой мертвых листовых влагалищ и стеблей, обеспечивает *постоянную влажность* окружающего узлы воздуха.

Узлы кушения плотнокустовых злаков образуют по два побега с такими короткими междоузлиями, что конечные узлы кажутся сидящими непосредственно на материнском узле. Каждый побег образует очень близко к своему основанию самостоятельный узел кушения, развивающийся дальше вверх по той же схеме. Из каждого узла кушения выходит только один корень, питающий соответствующий побег (рис. 47 и 48).

Корни плотнокустовых злаков почти не имеют разветвлений, они гораздо толще корней двух других групп злаков и расходятся радиально вокруг куста. Толщина корней зависит от чрезвычайно развитой в них *воздухоносной ткани*, или *аэренхимы*. Она в корнях представлена чрезвычайно развитыми межклеточными промежутками и сообщается с такой же тканью стеблей и листьев. В последних аэренхима проходит параллельными рядами, по краям которых расположены устьица. Иногда аэренхима на листьях видна невооруженным глазом в виде

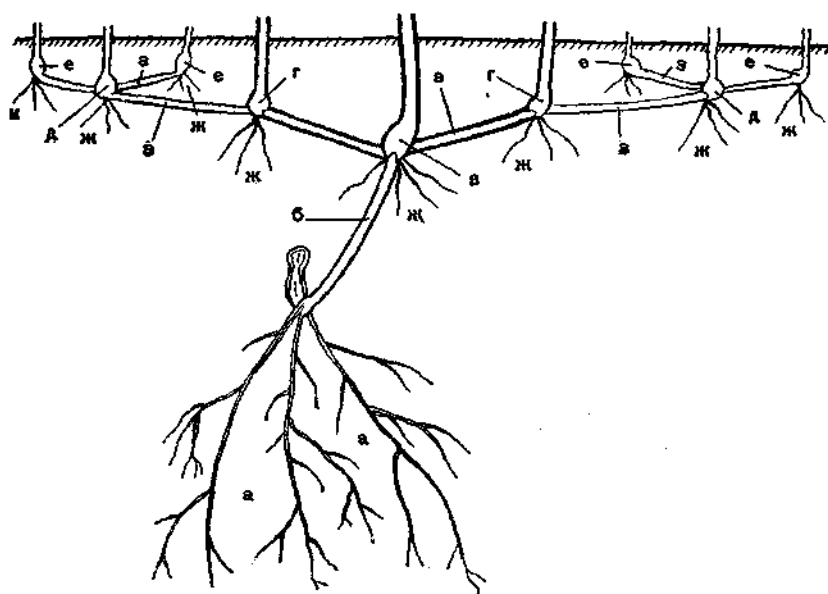


Рис. 44. Схема кущения многолетнего злака: а—вторичная корневая система; б—первое (подземное) междоузлие; г—главный (первый) узел кущения; д—узел кущения второго, третьего и четвертого порядков; ж—корневые системы третьего и последующих порядков; з—подземные междоузлия последовательных порядков.

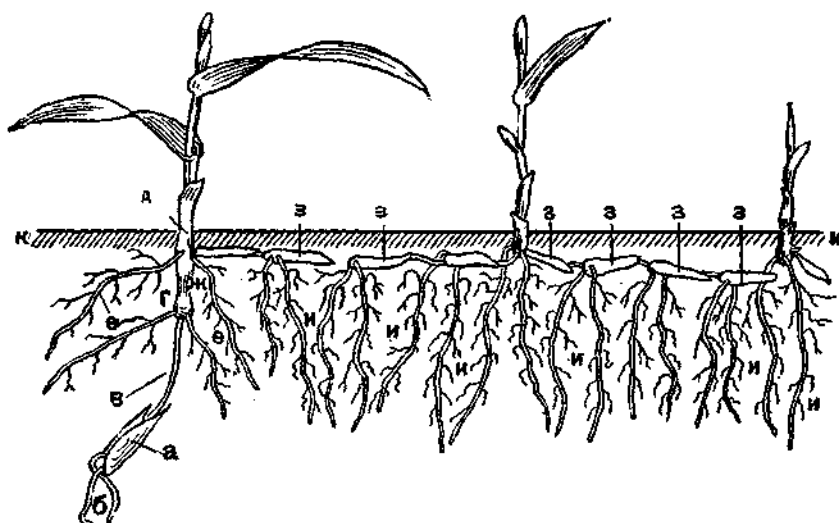


Рис. 45. Схема распределения корневищ и корней корневищного злака: а—плод; б—вторичные корни (первичные не развиваются); в—первое междоузлие; г—первый и д—второй узлы кущения; е—корневая система третьего порядка; ж—второе (подземное) междоузлие; з—листовые влагалища междоузлий корневища; и—короткие ветвистые придаточные корни, развивающиеся из узлов кущения; к—поверхность почвы.

просвечивающих по длине всего листа полосок, как, например, на листьях щучки (*Deschampsia caespitosa* Pal. Beauv.).

Корни всех без исключения плотнокустовых злаков снабжены эндотрофной или эктотрофной микоризой или одновременно и той, и другой (рис. 49 и 50).

Эндотрофная микориза заполняет клетки всех тканей корня, кроме коры, и

обыкновенно окрашена в темный или черный цвет (рис. 42). Экотрофная микориза покрывает корни то плотной корой, то оплетает их рыхлым пушистым войлоком ветвящихся многоклеточных волокон мицелия. Отдельные волокна мицелия микоризы проникают между клетками коры внутрь корня. Корневых волосков на корнях плотнокустовых злаков не образуется. Некоторые плотнокустовые представляют облигатных микотрофов, например белоус (*Nardus stricta* L.).

Роль корневищевых злаков под лесом. Сопоставляя условия, создающиеся в горизонте лесной подстилки под пологом осветленного леса с признаками корневищевых злаков, нельзя не прийти к заключению, что эти злаки превосходно приспособлены к ярким аэробным условиям горизонта лесной подстилки осветляющегося леса.

Корневище — стеблевой орган с многочисленными узлами кущения, покрытый листовыми влагалищами и укороченными листьями-чешуями, требует свободного доступа воздуха и одновременно и влажной среды. Вместе с тем корневища злаков на своих растущих концах снабжены лишь конически свернутыми листьями, хотя отличающимися сильным тургором, но не способными преодолеть сопротивления плотной среды. Условия, отвечающие этим требованиям, хорошо выражены в лесной подстилке.

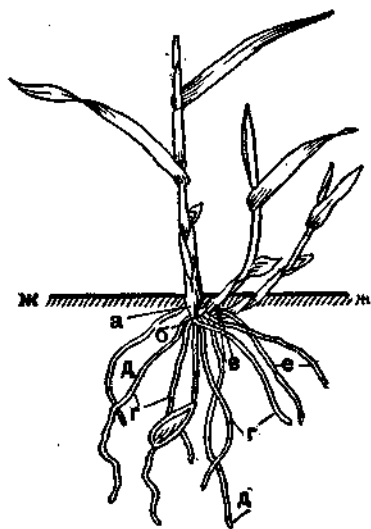


Рис. 46. Схема кущения рыхлокустового злака: а — узел первого; б — второго; в — третьего порядков; г — корни третьего; д — четвертого; е — пятого порядков; ж — поверхность почвы.

В результате грибного процесса разложения из элементов подстилки освобождаются все элементы зольной пищи растений в форме окисленных минеральных соединений. Навстречу этому непрерывному нисходящему току элементов пищи корневищевые злаки могут раскинуть густую сеть своих ветвистых корней, которым в этих условиях нет необходимости углубляться далеко в подзолистый горизонт.

В природе все без исключения представители флоры травянистого покрова молодого осветляющегося леса представлены корневищевыми растениями, не только злаками, но и видами других семейств. Из злаков сильно распространен, например, вейник (*Calamagrostis epigeios* Roth).

Отсутствие в продуктах распада лесной подстилки минеральных соединений азота объяс-

няет постоянное присутствие в флоре осветляющегося леса представителей семейства бобовых. Они представлены исключительно видами с сильно развитыми и очень поверхностными корневищами и с короткой корневой шейкой. Очевидно, зародыши бактерий, усваивающих свободный азот, не убиваются кислой реакцией подстилки, и они в периоды выпадающих дождей успевают проникнуть в корневые волоски бобовых, развивающих свои корни в верхних слоях подстилки, легко промываемых всяким дождем. Отмершие надземные части бобовых, разлагаясь на поверхности подстилки аэробным бактериальным процессом, снабжают травянистую флору минеральными соединениями азота.

Развитие дернового периода почвообразовательного процесса в природных условиях может направиться по двум основным руслам в зависимости от условий сведения леса. Так как сведение леса часто происходит на чрезвычайно обширных пространствах сплошными лесосеками и вносит некоторое изменение в направление первоначальных фаз развития дернового периода почвообразования, нам придется рассмотреть оба случая отдельно.

Мы сначала рассмотрим тот случай, когда процесс взаимоотношений между двумя растительными формациями не нарушается вмешательством производственной деятельности человека.

Ясно, что появление нового элемента, корневищевых злаков, в составе лесной растительной формации не может остаться без влияния на ход развития последней. Появление нового элемента неизбежно повлияет на изменение условий среды, т. е. создаст основной стимул антагонистического развития.

Все количество мертвого органического вещества, отлагаемое ежегодно травянистой растительностью в подзолистом горизонте под пологом освещаемого леса, остается в этом слое без всяких изменений. В подзолистом горизонте неосуществима жизнь микрофлоры, и все органические остатки в нем как бы консервируются креновой кислотой.

Накопление органического вещества не может остаться без влияния на свойства подзолистого горизонта. Очевидно, что оно должно постепенно накопить свои

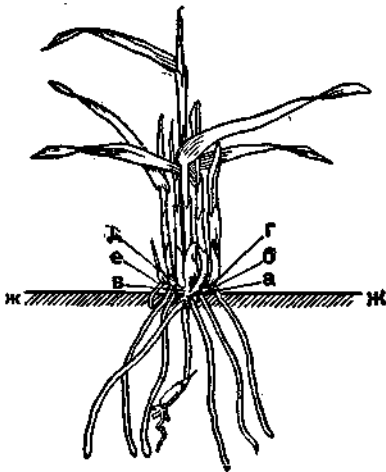


Рис. 47. Схема кущения плотнокустового злака с экстравлагалищными (акстравлагалищными) побегами: а — узел кущения первого порядка; б — а — г — узлы кущения второго, третьего и т. д. побегов последовательных порядков; каждый побег имеет один придаточный корень; ж — поверхность почвы.

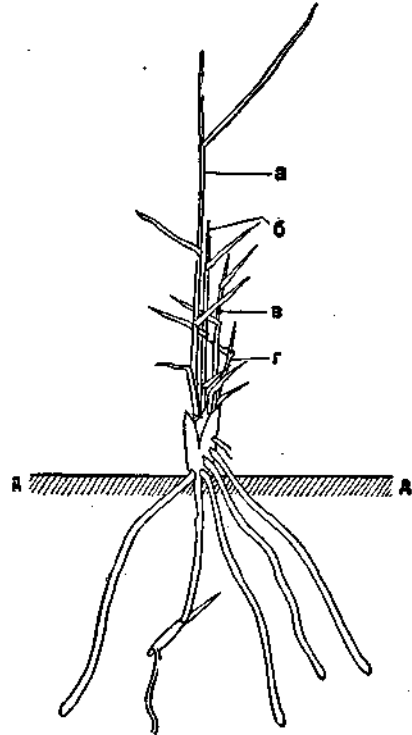


Рис. 48. Схема кущения плотнокустового злака с интравлагалищными (интравлагалищными) побегами: а — б — в — г — побеги первого, второго и т. д. последовательных порядков; каждому побегу соответствует один придаточный корень; д — поверхность почвы.

свойства в почве, в которой оно само накапливается. Из этих свойств, определяющих отношения к элементам внешней среды, нас наиболее интересуют отношения к воде и элементам пищи растений. Наиболее резко выражена в органическом веществе его *влагоемкость*, неразрывно связанная с *медленностью* волосного движения воды, так как сама влагоемкость есть функция медленности движения воды.

По мере обогащения почвы органическими остатками и перегноем волосное движение воды в ней становится все медленнее, и поэтому количество воды, притекающее сверху к корням деревьев, становится все более ограниченным. Сначала дефицит воды у корней деревьев пополняется восходящим из глубоких слоев породы током воды. Но и последний также постепенно затрудняется, ибо главный источник питания восходящего тока представляет воду, проникающую по трещинам породы из горизонта подстилки. Как раз по этим трещинам преимущественно и развиваются корни травянистых, привлекаемые наименьшим механическим сопротивлением породы в трещинах по сравнению с массой подзола и обилием воды, стекающей по трещинам. Но главным моментом будет изобилие элементов пищи, стремящихся по трещинам в виде раствора; в силу простого хемо-

таксиса корни будут стремиться в трещины, и они прежде всего окажутся забитыми органическим веществом. Таким путем деревья будут постепенно поставлены в условия все более обостряющегося критического недостатка воды. Эти условия и приведут к медленному, но неуклонному отмиранию взрослых деревьев.

Луговая растительность будет находиться в наилучших условиях произрастания. Запас воды в леевой подстилке обеспечен, и он изолируется все больше и больше от проникновения к корням деревьев. Запас пищи для луговой флоры в разлагающейся подстилке также неограничен.

Перерывы в развитии луговой растительности, происходящие в первое время вследствие нового образования полога сомкнутого молодняка под шатром взрос-

лого леса, не играют большой роли. *Луговая флора отмирает, но органическое вещество, накопленное в подзолистом горизонте, сохраняется в полной неприкосновенности вследствие присутствия креновой кислоты.* Как только новое поколение молодняка начнет осветляться, так тотчас под ним с прежней силой возникает луговая флора, так называемый живой почвенный покров.

Пышно развивающийся после каждого перерыва, вызываемого смыканием леса, живой покров луговой растительности представляет все возрастающее затруднение для развития сеянцев лесных деревьев, и природное лесовозобновление древесных пород, возобновляющихся только семенами, будет все больше затрудняться. Поэтому в составе леса все более начнут преобладать породы, возобновляющиеся порослью от пня (низкоствольники). В средних широтах европейской части СССР такая порода дуб, в Сибири — береза.

По мере ухудшения роста древесной растительности естественно ослабляется и приток мертвых остатков, образующих лесную подстилку. Толщина ее слоя постепенно уменьшается, и в ней все больше начинают преобладать остатки травянистой растительности. Эти остатки не обладают упругой рыхлостью лесной подстилки. Толщина слоя подстилки все уменьшается, и она все более уплотняется. В подстилке начинают развиваться условия анаэробизма, и условия развития грибной флоры все ухудшаются.

Изменение свойств подстилки тотчас отражается на развитии корневищевой флоры. Корневища также требуют большого количества кислорода в почве, в которой они развиваются. Они постепенно ослабевают и отмирают, чему также способствует и уменьшение деятельности грибов в подстилке, а следовательно, и уменьшение количества усвояемой пищи. Вследствие постепенного уплотнения подстилки в ней все больше развиваются анаэробные условия. Органическое вещество поверхности почвы и подзолистого горизонта теперь начинает консервироваться ульминовой кислотой. Последняя зимой обращается в ульмин, в почве начинает накапливаться аморфный перегной, в еще большей степени увеличивающий ее влагоемкость и делающий ее совсем непроницаемой для воды.



Рис. 49. Внешняя (эктотрофная) микориза на корнях и ложных корневищах песчаного овса *Elymus sabulosus* Schradl (из коллекций Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

Рыхлокустовая фаза луга. На смену слабеющим корневищевым злакам приходят *рыхлокустовые*: появляются ежа (*Dactylis glomerata* L.), лесные мятлики (*Poa nemoralis* L., *P. sterilis* M. B.) и др. Длина подземных побегов *рыхлокустовых* злаков сведена к минимуму, и они поэтому не нуждаются в рыхлой поверхности субстрата, в котором они развиваются.

Рыхлокустовые злаки обладают глубокой корневой системой. Она проникает в рудяковый горизонт и использует его богатые запасы фосфора и всех других элементов зольной пищи растений. Но корни рыхлокустовых не могут использовать богатых запасов азота рудякового горизонта. Азот в нем находится в форме органического вещества, апокреновой кислоты; рыхлокустовые же злаки автотрофны, и корни их могут усвоить лишь минеральные соединения.

В связи с этим надо поставить пыльное развитие большого количества бобовых во время этой фазы дернового периода почвообразовательного процесса, среди которых видное место занимает лесной клевер (*Trifolium medium* L.).

Фаза рыхлокустовых злаков под пологом отмирающих (высокоствольных) глубококоренных деревьев, сосны и кедра и низкоствольного (порослевого) дуба, сопровождается обыкновенно сначала единичным проникновением в состав

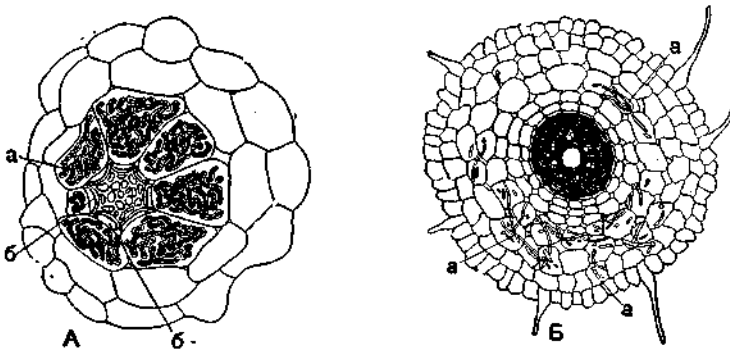


Рис. 50. А. Поперечный разрез корешка золотистого высокогорного овса *Trisetum spicatum* Richt. Клетки внутренней коры переполнены мицелием (а) внутренней (эндотрофной) микоризы. При основании всякой клетки, наполненной мицелием, видны большие просветы (б) воздухоносной ткани (аэренхимы). Б. Поперечный разрез корешка *Erianthus caespitosus*. В клетках внутренней коры находится мицелий внутренней микоризы (а) (no Lebensgeschichte I, 2).

лесной группировки, а затем и массовым господством мелкокоренящихся древесных пород, ели, пихты, лиственницы и осины. Эти породы используют условия остатков равномерно рассеяного живого покрова корневищевых и рыхлокустовых злаков, через который их семена еще могут достигать почвы, сохранившей остатки подстилки. Кроме того, неглубокая корневая система этих деревьев обеспечена большим запасом воды в верхних горизонтах почвы, уже накопившей большой запас органического вещества.

Начинается новая фаза взаимоотношений двух растительных формаций. Деревья с глубокими корнями частью погибли под влиянием изменения корневищевых злаками условий среды их обитания, частью угнетаются и подавляются густым пологом ели, пихты и осины, и скоро остаются только древесные породы с неглубокими корнями и редко рассеянные экземпляры порослевого дуба.

Прекращается передвижение высокоствольниками элементов зольной пищи из глубоких толщ породы в почвенные горизонты. Вся корневая система новых деревьев лежит в пределах первых 30—70 см почвенного слоя, и прекращается дальнейшее абсолютное обогащение почвенных горизонтов зольными элементами пищи растений за счет глубоких толщ породы.

С появлением новой древесной растительности возобновляется с новой силой на некоторое время смена двух фаз, сомкнутого и осветленного леса, и в периоды

наступления второй фазы прогрессивно возрастает постоянство господства **живого травянистого покрова на поверхности почвы.**

Очевидно, что при сложившихся обстоятельствах неизбежно должно наступить критическое обострение условий зольного питания всех членов растительной группировки.

Отмирающая ежегодно корневая система злаков, сохраняемая в неразложившемся состоянии креновой кислотой верхнего горизонта почвы, ежегодно удерживает все новые количества зольных элементов, входящих в состав органического вещества. Условия среды, пропитанной креновой кислотой, делают эти элементы **пищи** недоступными ни корням автотрофных растений, не могущих разрушить органического вещества, ни микотрофным корням деревьев, микориза которых не может развиваться в среде, пропитанной креновой кислотой.

Вместо злаков, корневая система для которых стала бесполезной в создавшейся обстановке, появляются растения, совершенно лишенные корней, **зеленые мхи.** У мхов ассимиляционная и абсорбционная системы совмещаются в наземных органах. Они всей зеленой поверхностью усваивают минеральные продукты распада лесной подстилки и продолжают закрепление на поверхности почвы зольных элементов **пищи растений и части азота в состоянии органического вещества.**

Деревянистые растения, лишенные зольной пищи, постепенно отмирают, и создается угодие, которое в Сибири носит название «марь», а в европейской части СССР известно под названием «рамени».

Обширные площади бывшей тайги покрыты богатой на вид перегнойной почвой, несущей скудный покров тощих злаков и зеленых мхов и изреженные, отмирающие, увешанные лишайниками чахлые деревья пихты, ели, лиственницы и осины.

Луговая стадия на лесосеках. Развитие дернового периода почвообразования после вырубki леса носит несколько иной характер. После очистки лесосеки от строительного и топливного материала на ней остается много листьев, хвои, веток, коры, щепы и опилок. Весь этот материал в первый же год подвергается бурному грибному разложению, образуя сразу **огромное количество зольной пищи**, и на следующий год после рубки, на основе изобильной пищи, лесосека зарастает буйной растительностью **лесных бурьянов.** Из них наибольшее распространение в лесо-луговой зоне имеют иван-чай (*Chamaenerium angustifolium* Scop.) и золототысячник (*Solidago virga aurea* L.), придающие лесосекам сплошной розовый или желтый цвет.

Эта бурьяновая фаза обыкновенно продолжается не более двух лет, за этот срок главная масса лесного мусора разрушается грибами.

Дальше наступает уже более спокойное разложение оставшейся лесной подстилки и остатков лесного мусора, поверхностных корней деревьев и остатков бурьянов. На основе обилия зольной пищи, доставляемой этим разложением, развивается богатая флора **корневищевых злаков и бобовых.**

Корневищевая стадия продолжается года три-четыре, за это время мелкие корни деревьев успевают разложиться.

Пока сохраняются на поверхности почвы лесосеки древесные остатки и в почве мелкие отмершие корни деревьев, в почве леса по всей поверхности преобладает грибной процесс разложения. Образовывающаяся креновая кислота удаляется лишь медленно, так как отсутствует постоянный нисходящий ток воды, вызывавшийся ранее корнями деревьев. Поэтому отмирающие остатки травянистой растительности просто сохраняются в почве вследствие присутствия креновой кислоты. Такое состояние неразлагающегося мертвого органического вещества иногда обозначают словами «кислый» или «сырой» перегной (*Rohhumus*), и количество его достигает сильного развития в почве «марей».

В таком состоянии почва представляет простую смесь органических остатков и подзола, не обладающего связностью. После того как корни деревьев разрушены грибами, вся почва оседает и облекает органические остатки плотной массой. После удаления креновой кислоты промыванием атмосферной водой в такой почве устанавливается анаэробный процесс.

Из того, что было ранее изложено об анаэробном процессе, ясно следует, что анаэробнозис в разбираемых условиях устанавливается под влиянием двух причин: бурное аэробное бактериальное разложение граничащих с воздухом верхних частей мертвых остатков корневищевых злаков задерживает кислород; трудная проницаемость для воздуха подзолистой почвы, богатой органическими остатками, усиливает этот процесс.

Органические остатки, образовавшиеся в условиях изобилия минеральной пищи, сами богаты ее элементами и при разложении образуют много минеральных солей. Но физические условия среды неблагоприятны для корневищевых злаков. Рыхлая лесная подстилка исчезла, а в плотном бесструктурном подзоле нет кислорода. Все это ухудшает условия развития корневищевых злаков. Поэтому травостой их становится очень изреженным, и промежутки между его стеблями быстро заполняются *рыхлокустовыми злаками*: тимофеевкой (*Phleum pratense* L.), луговой овсяницей (*Festuca pratensis* Huds.), душистым колоском (*Anthoxanthum odoratum* L.) и др.

Значение рыхлокустовой фазы очень велико, поэтому она будет изложена подробнее.

Своими длинными корнями рыхлокустовые злаки достигают рудякового горизонта и черпают из него богатую зольную пищу, в том числе фосфор и известь. В числе элементов золь в них всегда содержится много извести и железа, вследствие обильного содержания этих элементов в рудяковом горизонте.

В лишенном притока кислорода подзолистом горизонте к этому времени накопилось большое количество органических остатков, которые после исчезновения креновой кислоты начинают бурно разлагаться анаэробным путем. Они очень богаты зольной пищей и азотом и очень влагоемки, и следовательно, бактерии встречают лучшие условия жизни. Поэтому каждую весну начинается бурное анаэробное разложение органических остатков, которое к середине лета затухает вследствие накопления ульминовой кислоты.

Причина накопления ульминовой кислоты заключается в том, что *летом в почве луга преобладает восходящий ток воды*. Деревья, определявшие нисходящий ток воды, отсутствуют, а неглубокие корни злаков могут вызвать только восходящий ток. После дождя начинается нисходящий ток, но он, насытив высушенный злаками верхний горизонт почвы, быстро прекращается, и вновь начинается прерванный дождем восходящий ток, возвращающий к поверхности почвы ульминовую кислоту. Зимой все количество ульминовой кислоты денатурируется, переходит в аморфный перегной, ульмин.

Одновременно с этим, как только исчезнет из горизонта подзола свободная креновая кислота, в его нейтральной среде создается возможность отложения нерастворимых в воде углекислой извести и гидрата окиси железа. Первая проникает в подзол в форме раствора. Гидрат окиси железа частью выделяется при анаэробном разложении органических остатков, частью же вносится в него деятельностью червей и других представителей фауны с поверхности почвы, где он выделяется при аэробном распаде органических остатков злаков. Животная жизнь также появляется в подзоле лишь по исчезновении свободной креновой кислоты. При мертвом покрове в подзоле совсем отсутствует фауна, и в подстилке она представлена, повидимому, только червями рода *Enchitreus* и лесными муравьями.

Коллоиды, коллоидальные растворы и суспензии почвы. Появление в массе кремнезема подзолистого горизонта аморфного перегноя и тончайше измельченного гидрата окиси железа постепенно придает сыпучей массе подзола связность. Кроме того, эти элементы, один—перегной—по степени измельчения, измеряемой миллионными долями миллиметра, *настоящий коллоид*, другой в частицах крупностью 0,01—0,001 мм, т. е. в состоянии *суспензиона*, начинают сообщать всей массе подзола свойства *коллоидальной среды*. В почве начинают развиваться *процессы поглощения*. Влияние его тотчас же скажется на том, что *начнется поглощение кальция*.

Процессы поглощения в почве очень сложны и едва затронуты изучением. В самых общих чертах они сводятся к тому, что в телах, находящихся в состоянии

коллоидального измельчения, само вещество тела находится в виде частичек самой разнообразной величины. Предел наибольшей крупности этих частичек, проявляющих свойства коллоидов, представляет измельчение *суспензидов* до 0,001 мм. Этой крупности суспензидов в почвах достигают только частички ила, т. е. смесь частичек каолина и полутонких окисей, величина их частичек колеблется лишь в пределах неизмеримо малых величин. Мелкостью частичек перегной определяется степень дисперсности коллоидального вещества почвы.

Коллоидально измельченные тела и иловатые продукты ($< 0,001$ мм) способны образовывать с водой так называемые *коллоидальные растворы и суспензии*. Разница между теми и другими лишь количественная. В таком состоянии масса коллоида сложена из *гранул*, представляющих каждая *многомолекулярный комплекс*, состоящий из *гранулы и группы «поглощенных» ионов*. Гранула, «поглощенные» ею ионы совместно со свободными ионами в окружающей жидкости (интермицеллярной) составляют в совокупности так называемую *мицеллу*.

Гранула, частичка вещества в коллоидальном измельчении, состоит из большого числа молекул, настолько большого, что гранулы суспензий можно видеть в сильный микроскоп, а гранулы коллоидальных растворов можно приблизительно измерять приемами ультрамикроскопического наблюдения.

Величиной и разнообразием величин своих гранул коллоидальные растворы отличаются от истинных, молекулярных растворов.

Основное свойство гранулы — ее абсолютная нерастворимость в той жидкости, с которой коллоид способен образовать коллоидальный раствор. Если бы гранула коллоида обладала хотя бы ничтожной растворимостью в этой жидкости, то при ее ультрамикроскопической величине она мгновенно бы растворилась.

Почвенные коллоиды абсолютно нерастворимы в воде, и гранулы их совершенно химически инертны. Они не входят ни в какие химические взаимоотношения с другими телами, до тех пор пока они обладают свойствами коллоида. Как только произойдет химическое взаимодействие между гранулой и другим веществом, коллоидальный раствор или суспензия перестают существовать.

Вторая часть мицеллы состоит из группы ионов, удерживаемых на поверхности гранулы разностью электростатических зарядов гранулы и этих ионов (катионов). Она представляет активную часть мицеллы, способную входить во взаимодействия с ионами других активных тел с соблюдением эквивалентных отношений. Эта активная часть представляет лишь незначительную долю всей гранулы. Поэтому понятно, что эквивалентные отношения при реакциях поглощения не могут сохраняться по отношению ко всей грануле.

При возникновении коллоидального раствора роль свободных ионов мицеллы играет часть молекул одного из реагентов, принимавших участие в образовании коллоида. Одна из групп ионов задерживается главной массой мицеллы, входя в качестве поглощенных (адсорбированных) в состав гранулы, другая же группа ионов противоположного знака остается свободной и распределена в воде коллоидального раствора, образуя так называемую *интермицеллярную жидкость*. В таком состоянии коллоидальное вещество называется *гидрозоле*.

Когда коллоидальный раствор приходит в соприкосновение с другим соединением, находящимся в настоящем молекулярном растворе, то может произойти обменная реакция между молекулами истинного раствора и ионами коллоидальных растворов, как распределенных в интермицеллярной жидкости, так и поглощенных гранулой. Обмен всегда происходит в отношениях, эквивалентных не всей массе гранулы, а лишь ее активным свободным и поглощенным ионам.

Если при этих обменных реакциях образуются новые соединения, степень ионизации молекул которых менее значительна, то условия существования коллоидального раствора нарушаются, и коллоид выпадает в форме *гидрогеля*, который при высыхании обращается в *гель*. Подобное же уменьшение степени ионизации молекулы, в состав которой входят свободные ионы мицеллы, т. е. так называемой *ионогенной молекулы*, чем бы оно ни производилось, приводит к *свертыванию, осаждению, образованию хлопьев*, одним словом, к образованию *гидрогеля*. Это осаждение может быть вызвано сгущением интермицеллярной жидкости,

оно может быть вызвано прибавкой раствора нейтральных солей, обменным замещением одновалентного катиона катионом иной валентности, нагреванием, замораживанием, прибавкой других растворов и многими другими причинами. Для различных коллоидов эта реакция может быть и обратима, и необратима.

Похожие реакции происходят и тогда, когда степень измельчения вещества значительно меньше, чем в коллоидальном растворе, например в иловой части почвы. Их смеси с водой называются суспензией, или взвесью. Суспензия может долго оставаться мутной, но в ней взвешенные частички медленно, но непрерывно оседают, чего не наблюдается в коллоидальных растворах.

Описанные выше реакции поглощения для суспензий, повидимому, всегда обратимы, т. е. по удалении причины осаждения получается опять суспензия. Но коллоиды почвы, как минеральные, так и органические, отличаются необратимостью реакций образования гидрогелей и гелей.

Так, образовавшийся гидрогель кремнезема уже не может вновь обратиться в гидрозоль, — он остается в почве в виде аморфного порошка пыли крупностью от 0,01 до 0,001 мм.

Гуминовая и ульминовая кислоты при замораживании их растворов и при выделении их из солей обращаются в гидрогели, называемые «свежеосажденным» гумином и ульмином. При кипячении растворов этих кислот и при высыхании их гидрогелей (свежеосажденных форм) образуются гели, носящие те же названия, гумин и ульмин. Но эти гели не могут быть обращены в гидрогели, равно как гидрогели не могут вновь образовать растворимых в воде кислот, — эти реакции необратимы. Гели названных кислот образуют частички в 0,001 мм, которые дают такие же суспензии, как каолин и полуторные окислы, со всеми такими же отношениями к воде.

Такими же свойствами отличается и апокреиновая кислота, выделенная из ее солей. В других формах она мне неизвестна.

Изложенные начала химии коллоидного состояния тел представляют тот минимум сведений (а не гипотез), без которых было бы очень затруднительно сознательное отношение к тем процессам, которые протекают в почве под влиянием травянистых растений.

Приобретение дерновыми почвами комковатой структуры. В рыхло-кустовой фазе дернового процесса в массе пылеватых частиц подзола накапливается возрастающее количество суспензидов полуторных окислов и коллоида ульмина. Они постепенно заполняют промежутки между частичками подзолистого горизонта и придают ему свои свойства. Раствор солей кальция с сильными кислотами, поступающий сверху от аэробного разложения органических остатков в поверхностном слое почвы, вступает в обменное разложение с свободными ионами мицелл ульмина и полуторных окислов. Ион кальция постепенно замещает ионы одновалентных металлов и ионы водорода, все более обогащая поглощающий комплекс почвы поглощенным ионом двухвалентного кальция.

Под поглощающим комплексом почвы я понимаю механическую смесь суспензидов полуторных окислов и каолина со свежеосажденными коллоидальными формами гумина, ульмина и апокреиновой кислоты, новообразующимися во время разложения органического вещества. Суспензиды, входящие в состав поглощающего комплекса, представляют хотя и плотный комплекс, но проницаемый для жидкостей. Реакции с соприкасающимися молекулярными растворами поэтому происходят не только на поверхности комплекса, но и на всей поверхности составляющих комплекс гранул и суспензидов.

Под влиянием двухвалентного иона кальция суспензия полуторных окислов и ранее образовавшийся ульмин коагулируют и, облекая своей численностью массу частичек подзола, придают ему агрегатную структуру.

Подзол вследствие этого теряет свою вязкость и пластичность, и отношения его к воде меняются. Его влагоемкость мало изменяется, но так как он разбился на агрегаты, промежутки между которыми больше, чем между отдельными частичками, проницаемость его сильно возрастает.

Наступает новая фаза дернового процесса. Корни рыхлокустовых злаков густой сетью пронизывают всю почву. Они развиваются во всей массе почвы, побуждаемые обилием зольной и азотной пищи, которая теперь в виде окисленных солей сплошным током после каждого дождя устремляется из поверхностного горизонта вниз. По пути раствор солей жадно впитывается агрегатами, у которых волосность очень развита и которые были иссушены корнями в предшествующий бездождный период.

Таким образом весь горизонт подзола, равно как и рудяковый со своим богатым запасом минеральной пищи, отложенной еще во время господства леса, *пронизываются корнями злаков*. При своем развитии более крупные корни оказывают равномерное давление на массу почвы и уплотняют ее по всей своей длине, уменьшая расстояние между агрегатами. Так как почва в первой половине лета накопляет в себе значительное количество ульминовой кислоты, то при замерзании вновь образующийся свежесажженный перегной (ульмин) отлагается между частичками уплотненной почвы и придает *ее комкам* возрастающую с каждым годом *связность*.

В поверхностном горизонте почвы к этому основному процессу присоединяется еще и второй. Поверхностные части органического вещества разлагаются при полном доступе воздуха, аэробным путем. При этом выделяется гуминовая кислота; она немедленно нейтрализуется образующимся одновременно аммиаком в нейтральную гуминовоаммиачную соль. Эта соль немедленно растворяется в воде, которая в избытке получается из органического вещества при его аэробном разложении. *Раствор гуминовоаммиачной соли жадно впитывается просохшими агрегатами поверхности почвы*.

Участь гуминовоаммиачной соли в различных горизонтах почвы будет разной. В самом поверхностном идет *аэробный процесс*. *Под его влиянием соль совершенно разрушается, до полной минерализации ее элементов*. Аммиак обратится в азотистую кислоту, которая усредняется частью карбонатом кальция, частью она вытесняет гуминовую кислоту из вновь образующейся гуминовоаммиачной соли и образует азотистоаммиачную соль. В образовавшихся солях азотистой кислоты последняя немедленно переводится аэробным процессом в азотную кислоту, которая образует частью нитрат кальция, частью вытеснит новое количество гуминовой кислоты, так как аммиак, бывший в соединении с азотной кислотой, сам будет обращен последовательно в те же кислоты. Так продолжается до тех пор, пока все соли азотной кислоты не будут использованы корнями растений.

Из аммиачной соли *гуминовая кислота* всегда выделяется в форме абсолютно нерастворимого нейтрального *объемистого осадка* свежесажженного гумина и *разрушается деятельностью аэробов до полной минерализации ее элементов*.

Аэробный процесс протекает в поверхностном горизонте и поглощает весь кислород, стремящийся проникнуть в глубже лежащие слои почвы, в которых поэтому господствуют условия анаэробнозиса.

Верхний слой анаэробного горизонта периодически промывается дождем, ульминовая кислота из него вымывается в более глубокие слои, и поэтому анаэробный процесс в нем не прекращается. В проникшей сюда гуминовоаммиачной соли аммиак разрушается анаэробным процессом с выделением свободного молекулярного азота. *Оставшаяся свободная гуминовая кислота хотя и выделяется в форме нейтрального объемистого осадка, но анаэробным процессом не разрушается*.

В этом заключается главное неудобство, например, способа обезвреживания городской канализационной жидкости анаэробным процессом. При нем на поверхности гнилостного бассейна получается объемистая корка, содержащая много гумина, который сильно затрудняет процесс сушки осадка, необходимый для дальнейшего разрушения его аэробным путем.

Таким образом в верхнем слое анаэробного горизонта накапливается гумин в течение всего вегетационного периода, увеличивая содержание в почве деятельного перегноя вследствие поглощения гранулами катиона кальция.

Повидимому, главная масса гуминовоаммиачной соли, проникающая в ан-аэробный горизонт, разрушается в его верхнем слое. Но если эта соль проникает еще глубже, в слои, в которых прекращается вымывание ульминовой кислоты, то здесь она сохраняется до весны будущего года, когда она и разрушается ан-аэробным процессом с выделением гумина и одновременным образованием ульминовой кислоты.

В течение той же рыхлокустовой стадии дернового процесса развиваются свойства *дернового горизонта* почвы, имеющие первостепенное практическое значение в земледелии. Эти свойства — *комковатая структура и прочность структуры почвы*.

Прочностью называется способность комков почвы сопротивляться размыванию их водой. Это свойство не следует смешивать со связностью. Связностью называется способность почвы противостоять силам, стремящимся механически разединить ее частички. Почва может быть очень связной, но совсем не обладать прочностью. Например, обычная красная глина может обладать столь значительной связностью, что потребуются сильный удар молотка, чтобы раздробить даже небольшую глыбку ее; между тем такой же величины глыбка ее, опущенная в воду, мгновенно расплывается в бесформенную массу, — она не обладает прочностью.

По мере того как между частичками почвы, соединенными в агрегаты, отлагается абсолютно нерастворимый в воде перегной, *ульмин и гумин*, он соединяет частички почвы упругим и нерастворимым в воде цементом. Но чтобы откладывающийся в почве абсолютно нерастворимый в воде перегной стал цементом, необходимо наличие иона кальция. Развивающиеся в это время на почве *бобовые растения* содержат большое количество кальция. При разрушении мертвых корневых остатков бобовых кальций освобождается из органических соединений в виде солей сильных кислот, азотной и серной, и в форме катиона кальция Ca^{++} поглощается аморфным коллоидальным перегноем. Коллоиды, содержащие в поглощенном состоянии двухвалентные катионы, в том числе и Ca^{++} , теряют способность рассеивать свои гранулы в воде, образовывать коллоидальные растворы. Они становятся во всех отношениях нерастворимыми в воде. Поэтому аморфный, коллоидальный перегной, поглотивший катион Ca^{++} , цементирует агрегаты почвы упругим и абсолютно нерастворимым в воде цементом, который и придает комкам почвы способность не расплываться в воде, прочность. Такой перегной называется *дейательным*. По мере высыхания почвы и, повидимому, также под влиянием времени свежий перегной теряет воду и уже не отличается упругостью, а, наоборот, он становится очень хрупким и легко рассыпается в тончайший порошок, *суспензоид*.

Почва, содержащая небольшое количество минеральных или органических суспензоидов, может обладать значительной прочностью, т. е. частицы ее могут быть хорошо сцементированы нерастворимым в воде цементом, но так как этот цемент не отличается крепостью, то такая почва не будет отличаться связностью. Она будет легко утрачивать свою структуру под влиянием механических причин и одновременно будет, очевидно, утрачивать и свою прочность.

Ясно также, что по мере того как с течением времени все новые порции образующегося свежего перегноя будут переходить в состояние суспензоидов, будет непрерывно расти и связность почвы, а следовательно, будет увеличиваться и обеспеченность ее прочности от разрушения под влиянием механических причин.

Верхние горизонты почвы, чаще и в более сильной степени подверженные высыханию, будут легче терять свою прочность под влиянием механических причин, так как в них большое количество свежего перегноя обратится в суспензоиды. Наоборот, более глубокие, более влажные горизонты почвы будут менее чувствительны к механическим воздействиям, так как они всегда содержат большое количество упругого свежего перегноя.

Первое время вся масса подзола, равномерно проникнутая все увеличивающимся количеством суспензоидов, а также равномерно пропитанная свежим перегноем, представляет как бы однородную ячеистую массу агрегатов, пронизанную во всех направлениях корневыми трубочками.

По мере дальнейшего развития рыхлокустовых злаков их корни все чаще развиваются по старым корневым трубочкам, заполненным потерявшим тургор веществом отмерших корней. Эти трубочки представляют пути наименьшего сопротивления почвы развитию корней. Давление на стенки трубочек, которое вызывает утолщение корней во время роста, возрастает с каждым новым поколением корней, так как трубочки все больше заполняются неизбежно остающимися мертвыми органическими остатками.

Наконец, почва в промежутках между корнями достигает максимального уплотнения, и при малейшем давлении начинается уже *растрескивание* всей массы почвы по поверхностям наименьшего сопротивления, положение которых определяется бесчисленными пересекающимися корневыми трубочками. К тому же и давление исходит из трубочек, давят развивающиеся в трубочках корни, и давит набухающее при смачивании органическое вещество. Наконец, вся масса почвы разделяется на многогранные отдельности, комки, состоящие из комплексов агрегатов, частички которых связаны суспензоидами и прочно сцементированы в комки аморфным перегноем. Почва приобрела во всей массе прочную комковатую структуру.

Под влиянием заморзания комковатая почва неизбежно приобретает рыхлость. Этот процесс развивается таким путем. В комковатой почве имеются двух родов промежутки. Промежутки между отдельными частичками агрегатов составляют самые тонкие волосные промежутки, и отдельные агрегаты отделены друг от друга сетью более крупных, но также волосных промежутков. Вторую группу составляют промежутки между комками. Они состоят из комбинации волосных промежутков на местах соприкосновения комков с сетью неволосных полостей, соединяющих эти волосные промежутки между собой во всех направлениях.

Процесс заморзания почвы совершается в таком порядке, что сначала образуются кристаллы льда на стенках неволосных полостей, вода же в волосных трубках еще не замерзает. Кристаллы льда начинают быстро расти за счет воды поверхностных пленок полостей, непрерывно возобновляемой волосной водой из капилляров, разделяющих агрегаты, пока не замерзнет в них вода, что происходит при более низкой температуре. Наконец, при дальнейшем понижении температуры замерзает вода и в промежутках между частичками агрегатов.

Далее наступает следующая стадия процесса. Вследствие перехода воды неволосных полостей между комками в лед уменьшается парциальное давление ее паров в этих полостях.

Разница величины парциального давления пара вызывает осмотический ток его из нижних, незамерзших горизонтов породы. Под влиянием этого притока пара начинается рост кристаллов, одевающих друзами стенки полостей. Растущие кристаллы оказывают непреодолимое молекулярное давление по всем направлениям своего роста. Комковатый горизонт вспучивается до тех пор, пока все волосные и неволосные его полости не заполнятся сплошной массой льда. Вследствие этого процесса первый количественный максимум влажности в замерзавшей почве всегда наступает после ее оттаивания, независимо от присутствия или характера таяния снегового покрова.

Значение злаков и бобовых луга в почвообразовании. После того как комковатость почвы дернового горизонта достигла своего максимума, продолжается беспрепятственное развитие автотрофной флоры луговых злаков. Сообщество такого луга всегда состоит из трех групп травянистых растений. Первую представляют *корневищевые злаки*, которые находят богатую зольную и азотную пищу в продуктах аэробного распада поверхностно расположенного органического вещества. Вместе с тем корневища их в рыхлой комковатой почве встречают все необходимые для них условия.

Вторую группу представляют злаки *рыхлокустовые*. Они находят обильную зольную пищу в орштейновом горизонте, из года в год переносят запасы ее в верхние горизонты почвы и отлагают их здесь в форме органического вещества. Та часть зольных элементов пищи, которая остается на поверхности почвы в виде отмерших надземных остатков, освобождается аэробным путем. Продукты этого разложения

немедленно усваиваются неглубокой, но густой сетью корней корневищевых злаков и после отмирания их остаются в почве в виде органического вещества.

Многолетние злаки, и из них особенно корневищевые и рыхлокустовые, представляют одну из наиболее важных природных групп растений, приспособившихся к самому полному и детальному использованию всех факторов жизни и особенно практически важных элементов пищи. Свойство, которое обуславливает эту роль злаков в экономике живой природы, а следовательно, и в ее производстве, заключается в их неограниченной побегопроизводительной способности.

При этом не следует забывать, что всякий новый побег злака— вполне самостоятельный организм. Он развился путем вегетативного размножения старшего организма и имеет вполне самостоятельную систему как надземных органов, так и подземных. Новый побег может быть во всякое время отделен от материнского растения без всякого вреда для обоих. Точно так же он может во всякое время отмереть без всяких последствий для материнского организма. Поэтому способность к быстрому образованию побегов дает злакам широкую возможность в любое время использовать прибывающее наличие любого почвенного фактора жизни только в зависимости от наличия космических факторов.

Третий член сообщества луга в его рыхлокустовой фазе — *травянистые бобовые*, причем здесь развиваются исключительно корневые виды их. Причина массового развития бобовых понятна. При наличных условиях преобладания анаэробнозиса азот будет находиться в состоянии относительного минимума. Несмотря на абсолютное богатство почвы в это время азотом, он будет находиться в неусвояемой автотрофными растениями форме органического вещества. Главная его масса заключается в азотистых соединениях органических остатков, другая, большая часть находится в форме азота апокреновой кислоты, и, наконец, азот входит в больших количествах в состав перегноя (ульмин и гумин и соответствующие им кислоты).

Поэтому при наличии большого количества воды, которое может запасти комковатая рыхлая дерновая почва, и при наличности большого запаса удобоусвояемой зольной пищи злаки в отсутствие бобовых не могли бы развить достаточно густого травостоя, чтобы использовать приток космических факторов. Бобовые, развиваясь на незанятых злаками пространствах травостоя и усваивая свободный азот атмосферы, разложением своих однолетних надземных органов дополняют пищевой режим злаков усвояемой азотной пищей. На лугу устанавливается известное нормальное количественное соотношение между злаками и бобовыми.

Глубокие многолетние корни бобовых, достигающие часто длины 2—4 м, устраняют соперничество бобовых и злаков из-за элементов зольной пищи. Напротив, бобовые до известной степени продолжают роль деревьев в деле перенесения элементов зольной пищи растений, рассеянных в почвообразующей породе, и концентрации их теперь уже в верхнем, дерновом горизонте почвы. В этом отношении особенно важную роль играет чрезвычайно легкая усвояемость кальция *корневой системой бобовых растений*. По этой причине все органы бобовых всегда богаты кальцием, и при отмирании и аэробном разложении их надземных органов каль-

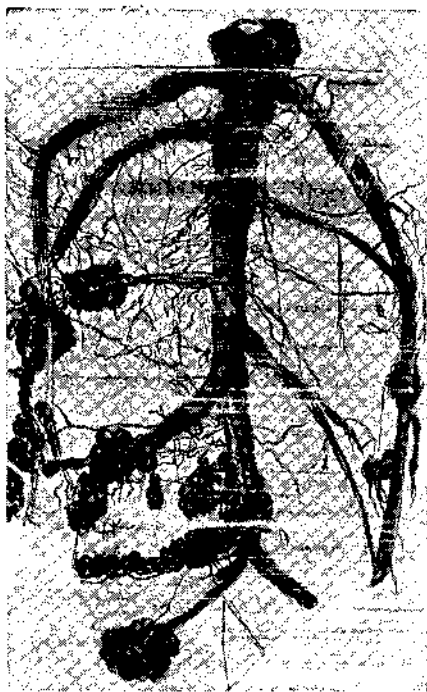


Рис. 51. Клубеньки на корнях бобового, переполненные бактериями, усваивающими свободный азот атмосферы (из Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

ций в виде углекислой, сернокислой и азотнокислой солей проникает в поверхностные слои почвы. Здесь кальций солей входит в обменное разложение с ионами, адсорбированными перегноем почвы, и все время поддерживает присутствие поглощенных ионов двухвалентного металла. Неполная ионизация растворов этих солей в интермицеллярной жидкости почвенных коллоидов и суспензидов и присутствие углекислой извести поддерживают агрегатное состояние почвы. При этом особенно важны те соли, из растворов которых при ионизации выделяется катион кальция, ибо при его поглощении перегной приобретает способность не расщеплять свои гранулы в воде. Такой перегной не дает коллоидального раствора; он прочно склеивает комки почвы, комки не распыляются в воде, и почва приобретает под совокупным воздействием злаков и бобовых прочную комковатую структуру. В отсутствие бобовых преобладающие в золе злаков одновалентные металлы при длительном проникновении их солей в почву постепенно вытесняют поглощенный катион кальция из перегной, почвенные коллоиды перейдут в состояние коллоидального раствора, а суспензиды утратят состояние коагуляции, и вся масса почвы приобретет раздельночастичную структуру с преобладанием волосных свойств и связности и с полной утратой прочности.

Внешние признаки дерново-подзолистых почв. В то время когда развитие группировки рыхлокустовых злаков подходит к своему расцвету, наиболее яркого выражения своих свойств и признаков достигает та стадия дернового периода почвообразовательного процесса, которая воспринимается нами как *дерново-подзолистые почвы*.

В этой стадии в почве наиболее ясно отличаются четыре горизонта:

1. *Горизонт дерновый*, окрашенный сверху в коричнево-черный цвет вследствие присутствия гумина. С углублением цвет переходит в коричневый, так как ниже преобладает ульмин. В верхних частях горизонт состоит из рыхло-залегающих прочных комков, все промежутки между которыми заполнены живыми и мертвыми корнями и корневищами, скрепляющими комки в *дернину*.

По мере углубления количество органических остатков и аморфного перегноя постепенно уменьшается; то же изменение претерпевают и степень комковатости, прочность комков и цвет почвы, до тех пор пока верхний горизонт не перейдет во второй, подзолистый горизонт.

2. *Подзолистый горизонт* серого цвета, с гораздо меньшим содержанием органических остатков. Комковатость в подзолистом горизонте постепенно переходит в *агрегатное состояние*. Благодаря ему пластичность подзола сильно уменьшена, и весь горизонт приобретает характер рыхлой, лёссовидной структуры.

Так же постепенно подзолистый горизонт переходит в рудяковый горизонт.

3. *Рудяковый горизонт* может иметь самые разнообразные оттенки желтого, красного, бурого, черного и серого цветов. Этот горизонт может вскипать или не вскипать при смачивании кислотой. Его структура тоже может быть самой разнообразной. В рудяковом горизонте часто весьма сильно выражено присутствие живых и мертвых корней.

4. Ниже, также с постепенным переходом обособляется *глеевый горизонт* серого цвета. При прокаливании серый цвет его переходит в желтый или красный вследствие окисления закиси железа в окись. Почва глеевого горизонта, смоченная сначала кислотой и тотчас обработанная раствором красной кровяной соли ($K_3Fe(CN)_6$), окрашивается в грязно-синий цвет. В глеевом горизонте встречаются лишь живые и мертвые корни бобовых и мертвые корни деревьев.

В нижних частях глеевый горизонт начинает распадаться на граненные *ореховатые отдельности*. Отдельности большей частью оглеены с поверхности, сохраняя цвета материнской породы в центральных частях. Поверхности отдельностей покрыты кремнеземной присыпкой и окрашены бурыми примазками ульмина.

По мере углубления оглеенность отдельностей уменьшается, и постепенно наступает переход к ореховатой материнской породе с присыпкой и примазками по гралям. Отдельности породы по мере углубления становятся все крупнее и постепенно переходят в бесструктурную почвообразующую породу разнообразных цветов, всегда пронизанную сетью трещин.

БОЛОТНАЯ СТАДИЯ ДЕРНОВОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Накопление мертвого органического вещества в почве. — Плотнокустовая фаза дернового периода. — Избирательная поглотительная способность почвы. — Накопление органического вещества на поверхности почвы. — Микотрофизм плотнокустовых злаков. — Микотрофизм и бактериотрофизм. — Уменьшение зольности нарастающего торфа. — Деревянистая флора болота. — Автотрофная флора болота. — Осоковое болото. — Зеленомоховое болото. — Разложение торфа. — Сфагновое болото. — Биологические особенности сфагновых мхов. — Водораздельное болото. — Низинные болота. — Заращение озер.

Прогрессивное накопление органических остатков и аморфного перегноя в почве луга в его рыхлокустовой фазе должно вызвать ряд процессов, которые неминуемо приведут к изменению условий среды. Здесь необходимо обратить внимание на то, что самый процесс накопления органического вещества протекает в порядке *прогрессивного усиления*, так как он сам одновременно и *следствие*, и *причина* анаэробного процесса, в условиях которого он осуществляется.

Накопление мертвого органического вещества в почве. Накопление органического вещества в поверхностном горизонте почвы ограничивает приток кислорода к ее внутренней массе и, сгущая этим путем условия анаэробнозиса, повлечет за собой еще большее усиление самого процесса накопления. Поэтому последствия такого накопления будут сгущаться очень быстро.

Прежде всего начнет выявляться относительный недостаток всех элементов зольной пищи и азота. Они будут скопляться в поверхностных горизонтах почвы. *Аэробный процесс вследствие сгущения массы органического вещества будет все больше отодвигаться к тонкому поверхностному горизонту почвы. Продуктами аэробного распада могут воспользоваться только корневищные злаки. Соединения элементов пищи не могут притекать в глубь почвы, ибо все промежутки между комками почвы заполнены органическими остатками, а все промежутки между агрегатами комков заполнены аморфным перегноем. Движение воды в этих условиях только волосное, и в органическом веществе скорость его практически равна нулю.*

Запасы зольной пищи рудякового горизонта, которые раньше использовались корнями рыхлокустовых злаков, уже окажутся близкими к исчерпанию. Они в значительной степени перенесены в верхние слои почвы.

Кроме того, для рыхлокустовых окажутся в критическом состоянии еще три элемента. Корневые бобовые исчезнут с поверхности луга: их корни окажутся в среде, насыщенной пропитанной водой и не содержащей воздуха, азот которого необходим для их питания. Для рыхлокустовых злаков наступит азотный голод.

После прекращения образования креновой кислоты, получавшейся при разложении лесной подстилки и вследствие одновременного прекращения нисходящего тока воды в результате вытеснения лесных деревьев, прекратится и поступление в рудяковый горизонт кренатов, растворимого источника энергии и пищи анаэробных бактерий.

Недостаток источника энергии легко восполняется массой отмирающих корней, произрастающих рудяковый горизонт, но с источником кислорода как пищи мало обостряется. Для получения пищевого кислорода анаэробные бактерии начинают восстанавливать все элементы породы рудякового горизонта, способ-

ные к восстановлению. Таких элементов несколько, свободная окись железа, как первоначально находившаяся в породе, так и отложившаяся в процессе образования рудякового горизонта, и окись железа, связанная с апокреновой кислотой.

Порода начинает оглеиваться, и процесс обращения апокрената окиси железа в ту же соль закиси железа связан с выносом солей железа, так как апокреновая соль закиси железа растворима в воде. Так как ток почвенной воды начинает выносить эту соль, то вместе с тем появление растворимой соли железа приводит к обменной реакции между фосфатом кальция рудякового горизонта и закисной солью железа. В результате реакции образуются апокренат кальция и фосфорнокислая соль закиси железа, или *вивианит*. Последний не усваиваем корнями растений, и для рыхлокустовых злаков наступает, кроме азотного, и фосфорный голод.

Та же участь постигает сернокислую соль кальция и все сульфаты, притекавшие из горизонта лесной подстилки и поглощенные коллоидами рудякового горизонта. В присутствии растворимого апокрената закиси железа они обращаются в апокренат кальция и растворимую сернокислую закись железа. Последняя быстро восстанавливается в *сернистое железо*, абсолютно не растворимое в воде. Для рыхлокустовых злаков наступает и серный голод.

Вместе с тем апокреновая соль закиси железа, образовавшаяся в рудяковом горизонте постепенно, вследствие своей растворимости в воде осмотически пронизывает всю толщу пропитанной водой почвы и отравляет ее для всех растений, в корнях которых недостаточно развита аэренхима.

Только у растений, в корнях которых, как, например, у микотрофных, хорошо развита аэренхима, приток кислорода к корням настолько обилец, что его хватает не только для дыхания корней, но избытка его хватает и для развития вокруг корней (в «ризосфере») аэробных, так называемых *хемотрофных* бактерий. Эта категория бактерий использует в качестве источника энергии для своей жизнедеятельности ту энергию, которая выделяется при производимом ими химическом воздействии на минеральные соединения. К числу таких принадлежат *железобактерии*, окисляющие закись железа в окись и использующие освобождающуюся при этой реакции энергию для своей жизнедеятельности. Эти бактерии развиваются на корнях микотрофных, окисляют ядовитую соль закиси железа и обезвреживают почву. Поэтому корни микотрофных часто окружены желтыми или красными трубочками почвы, в которой соль апокрената закиси железа, придававшая серый цвет глеевому горизонту, окислена в окисную железную соль железной кислоты.

Рудяковый горизонт в этой стадии резко изменяет свой внешний вид. Он из желтого или краснобурого становится серым и весь испещрен черными жилками и точками. Микроскоп показывает, что черные вкрапления состоят из древовидных кристаллов марказита (FeS_2). На воздухе оглеенный орштейновый горизонт принимает голубоватый, синеватый или зеленоватый оттенки. Иногда в этом горизонте в свежем разрезе попадаются белые прожилки, пятна или целые слои, которые после нескольких часов пребывания на воздухе приобретают синюю или голубую окраску. Это изменение цвета зависит от вивианита, фосфорнокислой закиси железа, который в природных условиях образования обладает белым цветом, но в соприкосновении с воздухом растворяет молекулярный кислород, не входя с ним в соединение. Синий цвет вивианита представляет цвет кислорода, сгущенного на поверхности гранул коллоидальной фосфорнокислой закиси железа в виде так называемого твердого раствора. Вивианит, заключенный с освобожденной от растворенного кислорода водой в герметически закрытый сосуд, наполненный до самой пробки, быстро, в течение 1—2 недель, окисляется в краснобурую фосфорнокислую окись железа. В сухом состоянии вивианит сохраняет синюю окраску десятилетиями лет.

Под влиянием всех упомянутых причин рыхлокустовые злаки быстро ослабевают в развитии, и на их ослабленные организмы нападают паразитные растения, как высшие, так и низшие. Луг в такой стадии характеризуется неукротимым

массовым развитием зеленых паразитов: очанок (*Euphrasia* L.), погремка (*Rhisanthus* L.), марьянника (*Melampyrum* L.), которые, паразитируя на корнях рыхлокустовых злаков, окончательно освобождают от них поверхность луга.

Освобождающуюся поверхность луга быстро занимает новая группировка травянистых растений, плотнокустовые злаки, и дерновый процесс переходит в новую фазу, плотнокустовую, которой заканчивается луговая стадия дернового периода почвообразовательного процесса и начинается его болотная стадия.

Плотнокустовая фаза дернового периода. Растительная группировка плотнокустового луга состоит из трех типов растений: *плотнокустовых злаков, корневищевых злаков и бобовых*. Корневищевые используют результаты поверхностного аэробного процесса. В этой фазе развития луга чаще всего встречаются трясунка (*Briza media* L.), зубровка (*Hierochloë odorata* Wahlb.). Бобовые дополняют недостающее азотное питание корневищевых. Нужно только добавить, что по причине полного отсутствия воздуха в глубоких слоях почвы луга в этой фазе бобовые с глубокими корнями сменяются бобовыми *корневищевыми*, из которых чаще встречаются луговая чина (*Lathyrus pratensis* L.) и заборная вика (*Vicia seripum* L.).

Плотнокустовым злакам присущи два признака, качественно их отличающие от рыхлокустовых и корневищевых: *их узел кущения всегда развивается выше поверхности почвы, и все плотнокустовые злаки микотрофного типа питания*.

Оба признака, каждый в отдельности, вносят новые условия в процесс почвообразования, которые в совокупности дают основание для выделения особой болотной стадии дернового периода. Одновременно плотнокустовые злаки сохраняют в полной и даже усиленной мере существенное свойство растений луговой растительной формации. Они накапливают в почве мертвое органическое вещество. *Сохранение этого существенного признака дернового периода почвообразовательного процесса и заставляет рассматривать развитие болота не как самостоятельный период процесса, а как стадию одного общего дернового периода почвообразовательного процесса*.

Узел кущения злаков представляет место наибольшего сосредоточения органического вещества, созданного растением. В нем сходятся наиболее старые и толстые концы как стеблей, так и корней.

Ясно, что и горизонт почвы, в котором сосредоточиваются узлы кущения злаков, будет горизонтом наибольшего скопления мертвого органического вещества.

Избирательная поглотительная способность почвы. В стадию господства корневищевых и рыхлокустовых злаков это скопление органического вещества сосредоточивалось в массе верхних горизонтов почвы и с особенной яркостью подчеркивало развитие существенного свойства почвы — ее *избирательной поглотительной способности*.

Этот процесс с особенной силой подчеркивает, что *избирательная поглотительная способность представляет неотделимое свойство растительного организма (как и всякого другого) и никакого отношения к минеральной массе почвы не имеет*.

Оба элемента плодородия, одновременное содержание воды и пищи, представляют прямое следствие влагоемкости органического вещества и содержания в растительных остатках всех элементов зольной и азотной пищи растений.

Накопление органического вещества на поверхности почвы. Передвижение горизонта узлов кущения плотнокустовых злаков в положение выше поверхности почвы тем самым переносит туда же и горизонт максимального скопления органического вещества. Мало того, этот горизонт постепенно приобретает свойство чистого органического вещества, лишаящегося все в большей мере примеси минеральных частичек почвы. Эти минеральные элементы заносятся во вновь обособляющийся горизонт почвы только усиленной деятельностью роющих и копающих беспозвоночных, муравьев, червей, многоножек, моллюсков, мокриц, личинок хруща, полосатого щелкуна. Тому же способствуют и спутники беспозвоночной фауны, кроты. Развитие почвенной фауны в настоящей фазе развития луга достигает своего высшего проявления.

Одновременно развиваются и другие особенности плотнокустового луга. Для защиты от колебаний влажности узлов кущения, покинувших минеральные гори-

зонты, в которых теперь господствует полный анаэробнозис, злаки должны были развить плотность своего куста.

По мере развития плотнокустового злака ежегодно развивается все возрастающее количество новых побегов, направленных по радиусам в центробежном направлении. Все побеги отделены друг от друга очень короткими междоузлиями; ежегодно все количество однолетних побегов, давших семена, отмирает, и на смену им уже готовы начавшие свое развитие молодые побеги.

Понятно, что при таком способе развития центральная часть плотного куста состоит преимущественно из отмерших побегов. Они сохраняются лишь вследствие своего плотного стояния, в результате которого они всегда налитаны неподвижной, застойной водой. Вода, их пропитывающая, всегда окрашена в желтый цвет ульминовой кислотой, и в кусте беспрерывно поддерживаются условия анаэробнозиса, сохраняющего отмершие стебли.

Живые узлы кушения только потому не задыхаются, что постоянно развиваются несколько выше старых, и весь куст состоит из радиально расположенных стеблей и листьев, через расходящиеся периферические концы которых воздух свободно проникает к узлам кушения.

Такое расположение вызывает двойные последствия. Основание куста представляет полусферическую массу мертвого органического вещества, пронизанную и окруженную живыми корнями, прикрепляющими ее к почве. Кусты представляют кочки, вследствие присутствия которых поверхность луга становится очень неровной, кочковатой, и сток атмосферной воды крайне затрудняется. Почва такого луга поэтому имеет время глубоко насытиться водой; движение последней в массе, пронизанной органическим веществом почвы, очень медленное, и оно затухает на той глубине, на которой содержание аморфного органического вещества прекращается и в котором не содержится и мертвых остатков корней.

Дальнейший переход волосной воды в массу минеральной породы неосуществим, так как волосные скважины самой мелкозернистой минеральной породы всегда крупнее, чем волосные промежутки массы органического вещества, заполненной аморфным перегноем. Неволосных промежутков, через которые вода могла бы проникнуть в глубь породы, в массе такой почвы нет: они все заполнены аморфным органическим веществом.

Этот момент нужно иметь в виду при оценке значения болот в водном режиме страны. Масса болота непроницаема для воды. Вся атмосферная вода, за исключением испаряемой болотной флорой, медленно стекает по поверхности, встречая колоссальное сопротивление ее неровностей, кочек, промежутки между которыми заполнены рыхлолежащими органическими остатками.

В этом и заключается роль болот как регуляторов водного режима страны.

Очевидно, что при таких условиях в массе почвы луга будут всецело господствовать условия анаэробнозиса, и на долю аэробного процесса останутся только рыхлые органические остатки между кочками.

Вторым последствием будет очень несовершенное использование растительности такого луга как животными, так и человеком. Большое количество растительной массы будет оставаться на месте вследствие неудобства косыбы и уборки. Пастба также очень несовершенна, так как большая часть живых тканей окружена подавляющей массой мертвого органического вещества кочки. Наконец, сама растительная масса плотнокустовых злаков не представляет лакомого корма для позвоночных.

Таким путем, зарождается первый признак болотной стадии дернового периода. Начинается накопление мертвого органического вещества выше поверхности минеральной почвы. *Начинает обособляться горизонт торфа.*

Микотрофизм плотнокустовых злаков. Второй признак болотного периода, уменьшение количества зольных элементов пищи в нарастающей массе органического вещества, развивается как прямое следствие второго свойства плотнокустовых злаков, их микотрофного типа питания. Микотрофизм представляет способ усвоения высшими зелеными растениями зольных элементов их пищи и азота из среды, заключающей эти элементы пищи в форме органического вещества, сохра-

няющегося в обстановке анаэробнозиса, причем питание осуществляется посредством симбиотического сожительства высших зеленых растений с мицелием грибов.

Микотрофный тип питания растений распространен в природе едва ли не больше, чем автотрофный тип питания.

Целые семейства, часто имеющие большое значение в природных растительных группировках, состоят нацело из микотрофных видов. Например, на территории СССР сплошь из микотрофных видов состоят подотряды папоротниковых (*Pteridophyta*), голосемянных (*Gymnospermae*), семейства хвощей (*Equisetaceae*), плаунов (*Lycopodiaceae*), *Scheuchzeriaceae*, лилейных (*Liliaceae*), орхидейных (*Orchidaceae*), ивовых (*Salicaceae*), *Myricaceae*, березовых (*Betulaceae*), буковых (*Fagaceae*), вязовых (*Ulmaceae*), тутовых (*Moraceae*), все многолетние виды лебедовых (*Chenopodiaceae*), семейства водяниковых (*Empetraceae*), кленовых (*Ace-gaceae*), крушиновых (*Rhamnaceae*), липовых (*Tiliaceae*), *Frankeniaceae*, грушанковых (*Pirolaceae*), вересковых (*Ericaceae*), кермекowych (*Plumbaginaceae*) и все многолетние солянки. Кроме того, во многих других семействах не только виды, а целые роды микотрофны, в том числе среди обширнейших по распространенности семейств злаков, осок, среди мхов. Наконец, все лишайники представляют растения микотрофные.

Так как грибы — организмы аэробные, то существование их в массе абсолютно анаэробной среды органического вещества осуществимо лишь в симбиозе с корнями растений, обладающих достаточно хорошо развитой аэренхимой.

Доставка необходимого для аэробных грибов кислорода к корням микотрофных осуществляется через воздушные полости аэренхимы, которые, сообщаясь между собой, доходят до клеток устьиц. У многих злаков и осок и у всех хвощей аэренхима корней переходит в настоящие каналы, расположенные в ребрах стеблей и листьев. По бокам ребер расположены двумя правильными рядами устьица, внутренние клетки которых отделены от каналов только одной стенкой из чистой клетчатки, легко проницаемой для газов. Вследствие непрерывного поглощения кислорода мицелием микоризы, поддерживающего разность потенциалов парциального давления кислорода, в ткань аэренхимы через устьица непрерывно диффундирует кислород из воздуха, а днем и кислород, получающийся при разложении углекислоты зелеными клетками, окружающими полость устьиц. Очень простой опыт подтверждает высказанное. Если осторожно отмыть корни микотрофного злака типа (*Festuca sulcata* Hackel), опустить их боком в цилиндр с водой, так, чтобы листья и стебли оставались на воздухе, и покрыть корни плоской воронкой, тонкий конец которой покрыт пробиркой, полной воды, так, чтобы воронка и пробирка оставались в воде, то на свету с поверхности корней скоро начнут отделяться пузырьки газа. Газ, собранный воронкой в пробирку, окажется почти чистым кислородом.

Микориза развивается не только на корнях, но и на подземных стеблях и корневищах, что особенно хорошо наблюдается на ложных корневищах песчаного овса (*Elymus arenarius* L. var. *sabulosus* Schmalh.). Часто микориза развивается и на надземных частях, на основаниях стеблей и на корневых шейках, например у *Anabasis salsa* Volk., у *Camphorosma monspeliaca* L. и у других.

Микотрофизм и бактериотрофизм. У микотрофных злаков процесс симбиоза, повидимому, сложнее и не ограничивается одним микотрофизмом, а одновременно представляет и бактериотрофизм. Вокруг корней микотрофных злаков, развивающихся в анаэробной обстановке в минеральной почве, содержащей много органических остатков, всегда наблюдается облекающий корни цилиндрик яркокрасной или желтой почвы, резко бросающийся в глаза на фоне серой оглеенной почвы. Весь горизонт пронизан жилками и пятнами ярких цветов. Что здесь дело не только в простом окислении закиси железа в окись, можно заключить из следующего. В природе очень распространен тип корневищевых злаков с чрезвычайно развитой воздухоносной системой, которая в виде кольца цилиндрических каналов проходит и по стеблям, и по корням. Вокруг корней этих растений, например у *Scolochloa festucacea* Link., тростника (*Phragmites communis* Trin.) и у *Glyceria aquatica* Wahlbg., в так называемой ризосфере чрезвычайно сильно развита

красная окраска почвы. Несмотря на полное отсутствие у этих злаков микоризы и несмотря на полное отсутствие на обитаемых этими растениями угодиях бобовых, азотное питание этих злаков осуществляется, и не наблюдается никогда признаков азотного голодания.

Повидимому, самым простым объяснением будет допущение симбиоза этих злаков с аэробными бактериями. Злаки доставляют свободный кислород, и во всей зоне свободного проникновения его в почву происходит как окисление закиси железа в окись, так и аэробное разрушение бактериями органического вещества почвы с образованием аммиака, нитритов и нитратов. В данном случае организмы, симбиотически сожительствующие, разделены, но подобные случаи в природе очень распространены, и примером такого симбиоза могут служить отношения между животными и зелеными растениями, устанавливающие определенное соотношение содержания кислорода и углекислоты в атмосфере.

В случае плотнокустовых злаков нет необходимости прибегать к объяснению их азотного питания процессом бактериотрофизма, так как грибы хотя и не выделяют минеральных форм связанного азота в окружающую среду, но способны усваивать азот органического вещества, обращая его предварительно в аммиак, и мы наблюдаем удовлетворительное азотное питание микотрофных организмов в условиях, при которых возможность развития аэробных бактерий совершенно исключена.

Микотрофное питание плотнокустовых злаков вносит новые условия в почву, из которой происходит их питание. *Мицелий грибов микоризы выделяет в окружающую среду креновую кислоту.* Очевидно, что при полной неподвижности водной воды луговой почвы в этой фазе развития луга количество креновой кислоты в почве луга должно неминуемо возрастать. Постепенно увеличивающееся содержание креновой кислоты неминуемо должно вызвать свои последствия. Прежде всего скажется угнетающее влияние креновой кислоты на развитие выделившего ее мицелия микоризы.

Вследствие этого всегда наблюдается усиленное развитие микоризы на корнях плотнокустовых, *в верхних их частях*, находящихся в горизонтах органического вещества, еще рыхлого, не успевшего уплотниться и свободно промываемого атмосферной водой. Трудно объяснить это стремление микоризы к поверхностным горизонтам ее аэробными свойствами, так как в поверхностных горизонтах другой фактор, влажность, подвергается резким колебаниям. С последней точки зрения приходится признать, что микориза в верхних горизонтах торфа ищет в симбиозе с корнями злаков *не столько защиты от анаэробизма, сколько от слишком резких колебаний влажности.*

Уменьшение зольности нарастающего торфа. В строгом соответствии с тем, что микориза с каждым новым поколением злаков передвигается во все более поверхностные горизонты почвы, находится и факт все большего уменьшения зольности нарастающего над поверхностью минеральной почвы торфа.

Очевидно, что с того момента, как микориза *принуждена покинуть нижние горизонты почвы, элементы зольной пищи растений и азот, в них содержащийся, должны остаться в нижних горизонтах почвы совершенно неподвижными*, так как они находятся в состоянии нерастворимых в воде органических соединений, в пропитанной креновой кислотой среде.

Таким образом складывается второй признак болотной стадии дернового периода, отличающий ее от луговой стадии.

В луговой стадии с каждым новым поколением злаков росло и количество органического вещества в верхних слоях почвы, росло в них и абсолютное количество элементов пищи. *В болотной стадии по мере утолщения горизонта торфа в верхних горизонтах его уменьшается абсолютное количество элементов пищи растений.*

На болоте каждый более высоко расположенный горизонт торфа содержит все меньше зольной пищи растений, уменьшается его зольность.

Процесс *относительного* уменьшения ежегодного прироста зольных элементов в поверхностном горизонте почвы начался еще в фазе господства рыхлостовых,

так как по мере исчерпания элементов пищи рудякового горизонта всякое новое поколение рыхлокустовых злаков могло приносить в верхние горизонты все уменьшающееся количество зольных элементов.

Но этот процесс маскировался тем, что зольные элементы откладывались все в том же дерновом горизонте. Абсолютное обогащение дернового горизонта маскировало уменьшение ежегодного прироста. Неизбежное падение урожаев рыхлокустовых злаков маскировалось повышением урожаев корневищевых злаков и бобовых вследствие роста абсолютного богатства дернового горизонта.

Как только начался рост в толщину горизонта *торфа*, так тотчас прекратился процесс ежегодного абсолютного прироста элементов пищи, и в полной мере выявился процесс относительного уменьшения прироста элементов пищи в новых горизонтах торфа. Процесс относительного уменьшения прироста элементов пищи растений еще более подчеркивается наличием в той же среде процесса изъятия из обращения значительной доли элементов пищи вследствие накопления креновой кислоты и прекращения поэтому деятельности грибов и бактерий, а вместе с ней и прекращения усвоения элементов пищи высшими растениями.

Поэтому процесс прогрессивного абсолютного обеднения верхних горизонтов торфа элементами зольной пищи растений наступает всегда как бы скачком. Понятно, что плотнокустовые злаки, которые представляли главную массу, как бы фон луговой группировки, сразу окажутся неприспособленными к новым условиям зольного питания. Их корневая система крайне упрощена в общей схеме своего распространения. Она выработалась природным подбором в очень богатом пищеи субстрате.

Поэтому она соответствует простой схеме конуса, обращенного вершиной вверх, и отдельные корни мало разветвлены и недлинные. Объем почвы, который она захватывает, невелик и развит главным образом внизу, предоставляя верхние горизонты неглубоким ветвистым корням корневищевых злаков и бобовых. Этим и достигалось наилучшее использование объема почвы *всей группировкой*.

Деревянистая флора болота. При новых условиях глубина проникновения корневой системы стала бесполезной, в результате несоответствия ее микотрофизма скоплению креновой кислоты в горизонте захвата корневой системой максимального объема почвы. Продуктивными остались верхние горизонты торфа, и они в то же время самые бедные элементами пищи.

Можно предсказать, каким условиям должна удовлетворять корневая система, чтобы в новых условиях обеспечить надземные органы растения необходимым количеством пищи. Новые условия питания ясны, *пища распределена в субстрате при очень малой концентрации и в форме нерастворимого в воде органического вещества*.

Такая корневая система должна быть прежде всего *микотрофной*. Так как для обеспечения необходимого абсолютного количества пищи требуется определенный объем субстрата, содержащего элементы пищи, и объем этот не может быть достигнут углублением в почву, то остается только один путь, *расширение поверхности*. Очевидно, что чем беднее будет почва содержанием пищи, тем шире должен распространиться захват корневой системы в горизонтальном направлении при одной и той же глубине.

Выявленным признакам отвечает только корневая система *древесных пород*. Она микотрофна и благодаря своей многолетности имеет возможность развить достаточную длину для того, чтобы захватить величину поверхности, необходимую для создания объема почвы, требующегося для удовлетворения увеличивающейся с возрастом потребности растения в элементах пищи. Вопрос о воде отходит далеко на второй план по очевидной причине: развитие волосности почвы достигает своего наивысшего выражения.

Одновременно ясно, что одно из свойств корневой системы должно или утратиться, или эволюционировать в свою противоположность. Свойство корней стремиться вниз и захватывать по мере углубления прогрессивно возрастающий объем рыхляка уже утратило свое значение полезного признака, каким оно было для лесных деревьев, и *положительный геотропизм* корня, влекущий его

по направлению действия силы тяжести, постепенно ослабевает, уступая все больше свое влияние силе противоположного направления, центробежной силе вращения земли.

Положительный геотропизм корней лесных пород у болотных древесных пород переходит в геотропизм отрицательный.

У лесных деревьев всегда развит главный стержневой корень («редька» по терминологии лесоводов). Этот главный корень обладает положительным геотропизмом в 90° , т. е. развивается вниз под прямым углом к горизонту. Геотропизм всякого последовательно развивающегося корня, оставаясь все время положительным, последовательно уменьшает свой «угол геотропизма». В результате такого свойства корня вся корневая система развивается по схеме конуса, обращенного основанием вниз, что отвечает все возрастающей потребности в пище надземной части деревьев.

Болотные деревья представляют полную противоположность лесным по свойствам корневой системы. *Главный корень у них совсем не развит.* Развиваются лишь боковые корни, первое поколение которых обладает отрицательным геотропизмом в 180° , т. е. развивается параллельно горизонту. Каждая последовательно развивающаяся ветвь корней, сохраняя отрицательность геотропизма, обладает все уменьшающимся «углом геотропизма», т. е. периферические корни каждого дерева растут вверх. При этом наиболее молодые концы их, очевидно, всегда остаются в верхних слоях нарастающего торфа. Ясно, что при таком характере роста корневая шейка болотного дерева скоро окажется погребенной массой нарастающего торфа и дерево должно отмереть. Этим и объясняются недолговечность болотных деревьев и короткие обороты рубки в болотных лесах. Максимальная продолжительность оборотов рубки около 30 лет, между тем как для лесных деревьев продолжительность оборота рубки может достигать 80—100—150 лет и больше.

К деревьям лесным принадлежат сосна, дуб, бук, граб, липа и др. К деревьям болотного типа относятся все виды березы, лиственница, пихта, ель и др.

Не подлежит, однако, никакому сомнению, что многие ботанические виды деревьев [сосна, ель, пихта, осина, кедр, береза (?) и др.] слагаются из рас и лесных, и болотных. Изучение этих рас и форм составляет предмет одного из разделов дендрологии.

Разобранные здесь изменения условий болотной стадии дернового периода почвообразования вызывают массовое появление на лугу в этой фазе его развития деревянистых растений в форме *неудержимого развития кустов ивняка*. И такое угodie уже утрачивает название луга, а квалифицируется как «сенокос по болоту».

Луг характеризуется исключительным господством травянистых растений в составе его растительных группировок. Болото всегда отличается одновременным вхождением в состав его растительных группировок и деревянистых, и травянистых растений.

Все виды ивы характеризуются чрезвычайной способностью к размножению черенками и отводками. При благоприятной влажности из спящих почек стеблей ивы развиваются придаточные корни, сначала автотрофные, белые, а затем переходящие в почвы, богатых органическим веществом, в коричневые, микотрофные. У кустарниковых ив наклонно растущие стебли по мере погребения их оснований нарастающим торфом развивают новые корни, которые сначала питаются автотрофно, в верхнем аэробном горизонте рыхлого торфа. При дальнейшем нарастании торфа корни ив сначала переходят на микотрофное питание, а дальше, при накоплении креновой кислоты, отмирают и заменяются вновь развивающимися в нарастающем торфе поверхностными корнями. Такая особенность развития ив дает им значительное преимущество перед травянистыми растениями, и они не исчезают с поверхности болота вплоть до самых поздних фаз его развития.

Появление деревянистой растительности должно внести новые моменты в условия развития болота. На поверхности его откладываются *мертвые деревянистые остатки*, разлагаемые только грибами. Они придают верхним слоям торфа

упругость и рыхлость, влекущие за собой усиление не только грибного, но и бактериального аэробного процесса. Креновая кислота, образуемая при грибном разложении, легко вымывается из верхних рыхлых слоев торфа в нижние плотные, в которых деревянистые остатки уже разложились и которые поэтому утратили свою упругость и уплотнились.

Автотрофная флора болота. Микотрофные злаки начали ослабевать вследствие своей неприспособленности к питанию в прогрессивно обедняющемся нарастающем слое торфа. На слабеющие плотнокустовые злаки нападают те же *зеленые паразиты*, которые уничтожили раньше рыхлокустовые злаки, и в новой обстановке к ним присоединяется еще и мытник (*Pedicularis palustris* L.).

Место уничтоженных плотнокустовых немедленно занимает группировка *корневищевых* злаков, главным образом белой полевицей (*Agrostis alba* L.) и трясункой (*Briza media* L.), и в новой группировке видную роль играют *рыхлокустовые* злаки с неглубокой корневой системой: обыкновенная и собачья полевицы (*Agrostis vulgaris* L. и *A. canina* L.), душистый колосок (*Anthoxanthum odoratum* L.), мятлики болотный и сплюснутый (*Poa palustris* L. и *P. compressa* L.) и др.

Кроме злаков, вследствие изобилия усвояемой зольной пищи и недостатка азота, в состав травянистой части группировки входит значительное количество бобовых и растений других семейств; последние обыкновенно носят общее название «разнотравья» или «листика» и особенно распространены близ кустов ив.

В этой стадии развития угодие носит название лугового болота и иногда характеризуется как «сенокос по кустам».

Дальнейшая эволюция болота представляет развитие процесса смены как деревянистых, так и травянистых членов растительной группировки под влиянием прогрессивного развития основного процесса, абсолютного обеднения нарастающего горизонта торфа элементами зольной пищи растений.

Процесс обеднения верхних горизонтов торфа элементами золы происходит под влиянием скопления креновой кислоты, промываемой из верхнего горизонта рыхлого живого торфа, так называемого «очеса». Пока древесная растительность болота была представлена ивой, темп усвоения ею элементов золы отличался медленностью, и концентрация креновой кислоты успевала достигнуть предельного для деятельности микоризы содержания.

Кусты ивы, развивающие по мере нарастания торфа все новые придаточные корни из наклонных стеблей, постепенно погребаемых торфом, не могут развить достаточно широкой корневой системы, чтобы охватить объем торфа, достаточный для питания их надземных органов. Развитие новых корней у ивы неизбежно связано с образованием новых надземных побегов, потребителей зольных элементов пищи. Поэтому, при отсутствии притока элементов пищи со стороны, кусты ивы слабеют, погибают поражаемые ивовым трутовиком (*Polygorus salicinus*) и сменяются корневыми видами, чаще всего лапландской ивой (*Salix lapponum* L.). Поэтому ива, кроме упомянутого, начинает постепенно сменяться настоящими деревьями не с придаточной корневой системой, а с настоящей, обладающей отрицательным геотропизмом. Такие корни развиваются в длину в течение всей жизни дерева, все время образуют молодые деятельные корни, стремящиеся в верхние горизонты торфа, и таким образом из года в год расширяют площадь своего питания по мере обеднения торфа и роста потребности дерева. Поэтому господствовавшие кустарниковые ивы сменяются настоящими болотными деревьями.

Появляются береза (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.), осина (*Populus tremula* L.), ель (*Picea excelsa* Link.), в восточной Сибири к сибирским видам березы присоединяются лиственница и пихта. Под пологом деревьев развиваются брусника (*Vaccinium vitis-idea* L.), черника (*V. myrtillus* L.), корневые виды карликовой ивы, грушанки (род *Pirola*), деревянистые микотрофные растения с длинными подземными горизонтальными стеблями и плауны (род *Lusorodium*), тоже микотрофные растения. Чрезвычайно развитые корни этих деревьев, достигающие десятков метров длины, длинные корневища мелких ягодных кустарников и полукустарников и длинные плети плаунов успевают в совершенстве исчерпать золь-

ные элементы торфа раньше накопления в нем предельного количества креновой кислоты.

Осоковое болото. Вследствие скудости содержания элементов золы в торфе, такой лес «по болоту» никогда не достигает состояния сомкнутости, определяющей подавляющее присутствие мертвого покрова почвы. В таком изреженном лесу почва всегда покрыта травянистой флорой, осоками и лесным разнотравием.

Само собой разумеется, что в таком лесу под пологом болотных деревьев, обладающих поверхностной корневой системой, подзолообразовательный процесс развиваться не может, потому что креновая кислота, промываемая из верхних горизонтов торфа, скопится в застойной воде нижних его горизонтов, не проникая в минеральный грунт.

Создавшееся удобное носит название *осокового болота*; часто на землеустроительных и лесохозяйственных планах оно называется «смешанным лесом по болоту» и в сельскохозяйственной практике используется как лесной выгон. Деревья такой болотной группировки не бывают долговечными, нарастающий торф погребает корневые шейки деревьев, создавая вокруг них условия анаэробнозиса, что для древесных пород представляет критический момент, и деревья отмирают. Поэтому в таких лесах приняты лишь короткие, «дровяные», обороты рубки.

По мере развития осокового болота из новых поколений деревьев, его покрывающих, постепенно исчезают быстро растущие лиственные породы. Они требуют обильного зольного питания, которое затухает по мере развития болота, и возобновляются от пня, который задыхается растущим в толщину болотом. Остаются только изреженные ели или лиственницы, легко возобновляющиеся налетом семян.

Сократившийся вследствие отсутствия лиственных деревьев приток элементов золы к поверхности болота уже не в состоянии удовлетворить потребностей в минеральной пище осок и других травянистых растений осокового болота. Кроме того, приток элементов пищи приобретает характер столь разжиженного раствора, что корневая система травянистых растений осокового болота становится слишком редкой сетью, не способной достаточно быстро использовать зольные элементы стремительного тока воды, промывающего во время всякого дождя продукты разложения древеснистых и травянистых остатков из поверхностных слоев болота.

Зеленомоховое болото. Постепенно осоки уступают место более приспособленным к новым условиям зеленым мхам, преимущественно из семейства гипновых (*Hypnaceae*). У мхов совсем отсутствует корневая система. Ризоиды мхов служат только для прикрепления их предостка к почве в ранние периоды развития и для переплетения отдельных стеблей и ветвей мхов в сплошной, густой, упругий войлок. Процесс усвоения зольных элементов пищи осуществляется всеми их клетками, несущими хлорофилл, всей надземной поверхностью растения. Так как поступление минеральных элементов органического вещества у мхов происходит в тех же органах, где осуществляется и процесс ассимиляции углерода, то очевидно, что *сосудистая система для них бесполезна*. Действительно, у зеленых мхов существуют только зачатки сосудистой системы в стебельке органов плодоношения, нуждающихся в усиленном притоке пластического материала. В связи с системой питания мхов их листья, в которых совмещаются функции и абсорбции, и ассимиляции, состоят только из одного слоя клеток.

Растительная группировка этой новой фазы болотной стадии, зеленомоховое, или гипновое, болото, складывается из двух групп растений. Деревянистая микотрофная группа представлена изреженным еловым или лиственничным, реже березовым высокостольником¹ с группами подлеска древесных видов ив. Автотрофная группа представлена основным фоном зеленых мхов, из упругого ковра которого выдаются рассеянные бычки автотрофных осок и злаков, среди последних чаще других белая и собачья полевицы (*Agrostis alba* L., *A. canina* L.), из осок — *Carex lasiocarpa* Ehrh., кроме того, довольно часто встречается пушица (*Eriophorum polystachium* L.).

¹ Т. е. деревьями, развившимися из семян, в противоположность низкостольникам, развивающимся из поросли от пня.

Разложение торфа. Со стадии зеленомохового болота начинается обособление *двух горизонтов торфа*. Нижний отличается более темным цветом, переходящим в черный на границе минеральной почвы. На этой границе часто встречается *горизонт тней* разнообразных древесных пород. Минеральная почва глубоко оглеена. По мере поднятия вверх от материнской породы мы находим торф во все меньшей стадии разложенности. Снизу торф представляет аморфную черную массу, сильно сжимающуюся при высыхании и обильно покрывающуюся при этом густой массой мицелия. Чем выше мы поднимаемся, тем светлее становится окраска торфа, сохраняя все-таки бурые оттенки. В самом нижнем горизонте редко встречаются какие-либо остатки растений, образовавших торф, и из форменных элементов встречаются только пыльца деревьев, раковины наземных моллюсков и остатки хитиновых частей беспозвоночных. По мере удаления от минеральной почвы количество форменных элементов все растет, и без труда узнаются куски коры березы и ольхи, остатки корневищ хвощей, корней и листьев осок, и часто в изобилии попадаются плоды осок и других обитателей болот. Чем выше подниматься по слоям торфа, тем меньше становится *степень разложенности торфа*, тем больше в нем встречается форменных элементов, и все больше становится примесь остатков зеленых мхов. Микроскопическое исследование открывает, кроме того, обильную примесь пыльцы лесных и болотных древесных пород. Этот слой торфа неясной границей, которая лучше заметна издали, переходит во второй, верхний горизонт торфа. Эта граница носит обыкновенно название *«пограничного горизонта»*.

Торф, лежащий выше этой границы, гораздо более светлого цвета, отличается весьма малой степенью разложенности и состоит преимущественно из мохового торфа, который будет описан ниже.

Обыкновенно приписывают изменение свойств торфа этих двух горизонтов резкому изменению древнего климата от более сухого к более влажному. Но при этом не дают никакого объяснения причинам такого катастрофически быстрого изменения климата, и в дальнейшем будет видно, что изменения климата скорее можно ожидать в направлении обратном.

Всякий, работавший с торфом в лаборатории, знает, что торф, поставленный в условия анаэробнозиса, непрерывно выделяет значительные количества газов, состоящих главным образом из углекислоты. Остановить образование углекислоты можно только применением очень энергичных средств. Обычная трех-четырёхкратная стерилизация в автоклаве или в текущем паре только понижает выделение газа, часто не больше чем на 30%. Струя паров хлороформа тоже только понижает выделение углекислоты, причем действие его еще слабее, чем действие стерилизации. Так же действует и толуол при примешивании его к торфу. Сухой жар действует, повидимому, на прекращение выделения углекислоты лишь при температурах, близких к коксованию торфа. Сильные минеральные яды, соли тяжелых металлов, действуют только в больших количествах и после долгого соприкосновения. Скорее всего действуют, совершенно прекращая выделение углекислоты и других газов, концентрированные растворы сильной минеральной кислоты, например хлористоводородной.

Такие свойства торфа поддаются, повидимому, только одному объяснению. При обычных приемах стерилизации мы останавливаем действие только *живых ферментов*. Но действие стерилизующих средств *лишь ослабляет деятельность энзим*, выделенных анаэробными бактериями, и такая энзима, по высказанному мной раньше предположению, в данном случае — *ульминовая кислота*. И только соляная кислота, обращая ульминовую кислоту в нерастворимый ульмин, прекращает ее действие на органические остатки. Прекращение выделения углекислоты под влиянием энзиматического процесса при действии высокой температуры затемняется выделением угольной же кислоты как летучего продукта распада торфа при начинающемся коксовании. Действие же солей тяжелых металлов трудно осуществить полностью вследствие того, что составные элементы торфа образуют с этими солями нерастворимые соединения, сильно затрудняющие постановку опыта.

Пока в массе торфа в природных условиях протекал один анаэробный процесс, в нем накапливалась ульминовая кислота. Условия накопления ульминовой кислоты в болоте хорошо выражены, так как болота не каждый год и не глубоко замерзают; вода в них заключена в очень тонкие волосные промежутки и замерзает только при очень низкой температуре. После прекращения под влиянием ульминовой кислоты деятельности анаэробов должно продолжаться влияние на торф одной ранее выделенной ульминовой кислоты.

По мере увеличения количества деревянистых растений увеличивается содержание в соответствующих горизонтах и количества креновой кислоты, а следовательно, *уменьшается и количество ульминовой кислоты*, и ее влияние на органическое вещество, пока, наконец, не наступит такое постоянное содержание в торфе креновой кислоты, которое остановит развитие анаэробных бактерий и образование ульминовой кислоты. *Этот момент и отмечается пограничным горизонтом.* Передвижение ульминовой кислоты вверх волосным путем неосуществимо, в массе торфа вода неподвижна. Осмотическое движение ульминовой кислоты почти неосуществимо вследствие величины ее молекулы. Присутствие креновой кислоты не может уменьшить действия ульминовой кислоты, которая сама представляет кислоту и проявляет свое действие в кислой среде. Наконец, креновая кислота не может замаскировать действия ульминовой кислоты на органическое вещество, так как креновая кислота, выделение аэробных организмов, может проявить свое влияние на органическое вещество только в аэробной обстановке.

В течение всей стадии зеленомохового болота протекает тот же процесс медленного обеднения верхнего слоя торфа зольными элементами. Как ни совершенно приспособлена корневая система деревьев к собиранию зольных элементов из массы органического вещества, оно не может быть обеззолено совершенно, и в нижних частях торфа, отравленных креновой кислотой, остается некоторое количество зольных элементов пищи растений. Остаются они потому, что некоторые зольные элементы входят в конституционный состав органического вещества, и следовательно, пока существует органическое вещество, зольные элементы от него не могут быть отделены.

Сфагновое болото. В результате прогрессирующего обеднения верхних слоев торфа происходит новая смена составных членов обеих групп растительной группировки болота. Появляются *болотная сосна и ее спутники — ягодные кустарники, полкустарники и вечнозеленые вересковые*. Примерами этих растений могут служить гонобобель (*Vaccinium uliginosum* L.), клюква (*V. oxycoccos* L.), морозника (*Rubus chamaemorus* L.), княженика (*R. arcticus* L.) и из вересковых — багульник (*Ledum palustre* L.), подбел (*Andromeda polifolia* L.) и вереск (*Calluna vulgaris* Salisb.); кроме того, изобилуют карликовая береза (*Betula nana* L.) и мелкая лапландская ива (*Salix lapponum* L.).

Новая деревянистая растительность отличается одной общей чертой. Это — чрезвычайное несоответствие между развитием карликовых надземных частей и сильно разветвленной, часто многометровой корневой системой, обязательно микотрофной и всегда отличающейся большим или меньшим углом отрицательного геотропизма.

Несмотря на совершенно гипертрофическое развитие корневой системы древесной растительности рассматриваемой фазы болота, ей удастся добыть лишь скудное количество зольных элементов органического вещества. Это отражается не только на слабом приросте ее многолетних органов, но и на *скудном поступлении отмирающих в течение года мертвых остатков с очень малым содержанием зольных*.

В автотрофной флоре болота в этой фазе преобладают *сфагновые мхи, пронизанные корневищевыми осоками и ситниками, корневищевыми злаками, пушицей, шейхцерией, немногими орхидейными и некоторыми другими*.

Ход развития этой фазы характеризуется попеременным преобладанием одной из трех основных групп растений — *деревянистых, мхов и травянистых*. Количество зольных элементов в верхних слоях торфа нехватает для равномерного одновременного развития всех трех групп. Болото то покрыто изреженным, более

или менее крупным сосновым лесом, то почти чистой группировкой пушицы, осоки и шейхцерии, то, наконец, почти чистым покровом сфагнового мха с изрезанными кустиками и побегами клюквы, карликовой березы, ползучей ивы, вересковых, отдельными деревцами сосны и угнетенными былками осок и злаков. Но никогда ни одна из трех групп не отсутствует совершенно, они только поочередно бывают сильно угнетены.

Разрез сфагнового торфа этой фазы болота всегда представляет чередование узких темных и широких светлых слоев. Часто принято объяснять эту слоистость чередованием периодов сухих и влажных годов, причем темные прослойки предполагаются отвечающими сухим периодам, во время которых торф подсыхает и хорошо разлагается аэробно, а в сырые годы, когда наступают условия анаэробнозиса, отлагается светлый, малоразложившийся торф.

Но даже поверхностное исследование показывает, что темные прослойки состоят из остатков пушицы или осок, или шейхцерии с значительным содержанием остатков деревянистых растений и лишь с небольшой примесью сфагновых мхов. Светлые же слои состоят из подавляющего количества остатков сфагноума с незначительной примесью травянистых и деревянистых.

От времени до времени прослойки прерываются горизонтами пней сосны, часто заостренных кверху конически и окруженных более мощным горизонтом темного осокового или злакового торфа. Горизонтов пней бывает до 4—5, и расстояния между ними кверху последовательно уменьшаются. В случае нескольких горизонтов пней, последние в каждом вышележащем горизонте делаются все мельче. Также и темные прослойки делаются все тоньше по мере приближения к следующему высшему горизонту пней, и слои светлого торфа тоже резко утончаются кверху. После горизонта пней все слои и прослойки вновь расширяются, но не достигают размеров нижних слоев и прослоек, лежащих над ближайшим, нижележащим горизонтом пней.

В связи с вышеизложенным и сфагновое болото может носить самый разнообразный вид. То оно может быть покрыто редким и крупным сосновым лесом, представляющим очень ценный поделочный материал, и тогда болото носит название «соснового болота» или на планах часто обозначается как «сосна по болоту». То болото может быть покрыто почти чистой группировкой пушицы (*Eriophorum vaginatum* L.), осоки (*Carex lasiocarpa* Ehrh.) и шейхцерии (*Scheuchzeria palustris* L.). Наконец, болото может быть покрыто сплошным покровом *Sphagnum*'а с редкими кустиками и побегами ягодных кустарников (преимущественно клюквой) и полукустарников, карликовой березой, ивой, вересковыми, редкими деревцами сосны и хилыми побегами всех травянистых растений, которые были упомянуты выше.

Биологические особенности сфагновых мхов. Сфагновые мхи отличаются от зеленых не только отсутствием ризоидов, роль которых у них исполняют многочисленные бесплодные веточки, переплетающие весь ковер мха в сплошной войлок, но и по анатомическому строению листьев и поверхностного покрова его стеблей. Листья сфагноума сложены также из одного слоя клеток, но клетки их резко разделяются на два рода.

Ткань листа составляет как бы редкую сеть из *мелких длинных живых клеток*. Эти клетки соприкасаются узкими концами. Все просветы этой сети заполнены *большими мертвыми клетками по одной в каждом*. Стенки мертвых клеток утолщены спирально или кольчато. Клетки совершенно пусты и снабжены *одним, чаще двумя или несколькими отверстиями*. Живые мелкие хлорофиллоносные клетки, таким образом, с двух противоположных сторон соприкасаются со стенками больших мертвых, так называемых «гнилиновых» (прозрачных) клеток. Совершенно так же построен однослойный поверхностный покров стеблей сфагноума (рис. 52 и 53).

Обыкновенно считают, что мертвые клетки служат для удержания воды в верхних слоях живого сфагноума. Но этому противоречит то, что обычно мертвые клетки наполнены воздухом, что и придает матовый, серебристый вид этим растениям.

Только во время дождя клетки наполняются водой, но уже через полчаса после дождя вся вода из них вытекает.

Мне представляется более правдоподобным то объяснение, что первые порции дождя, т. е. как раз те, которые впитываются гиалиновыми клетками, омывают все продукты грибного разложения древесных остатков, рассеянных по всей поверхности и по толще сфагнового болота и фиксированных непрерывно растущим и ветвящимся сфагнумом в том положении, в котором они упали на поверхность болота. Из этого раствора, проникающего в мертвые клетки, живые клетки немедленно осмотически поглощают все минеральные соли, используя, таким образом, все наличие зольных элементов поверхности болота.

Простой опыт это подтверждает. Если собрать живой очес после продолжительного бездождного периода и, смочив его перегнанной водой, немедленно выжать из него воду, то в этой воде можно всегда определить присутствие всех элементов золь растений. Но если смоченному сфагнуму дать постоять полчаса и затем выжать, то вытекающая вода будет содержать только следы органического вещества.

Другую особенность сфагнума представляет содержание во всех его органах *протеолитической энзимы*. После отмирания нижних концов сфагновых растений протоплазма их клеток разрушается этой энзимой, а все их минеральные соли и азот передвигаются осмотически вверх и служат пластическим материалом для построения новых тканей. Таков же и процесс образования пустых гиалиновых клеток сфагнума.

Этим процессом автолиза легко объясняется особенность зольности сфагнового торфа. Зольность торфа зеленомохового болота, определенная послойно, быстро убывает снизу вверх. В сфагновом же торфе зольность во всей толще его горизонта в среднем одинакова и достигает минимальной величины, иногда десятых долей процента содержания элементов зольной пищи растений. Но как только мы переходим в горизонт живого сфагнума, так тотчас содержание элементов зольной пищи растений резко увеличивается в несколько раз.

Однако, несмотря на все совершенство приспособления всех членов группировки

сфагнового болота к усвоению и перенесению в верхние горизонты элементов пищи растений, в массе сфагнового торфа все-таки остается некоторое их количество, входящее в конституционный состав органического вещества неразрушенного сфагнума. Поэтому содержание золь в поверхности болота достигает такого абсолютного минимального количества, что рост всех членов группировки начинает угнетаться и они постепенно отмирают. Прежде всего отмирает сосна, предварительно достигая в своих последних поколениях карликовых размеров. За ней следуют мелкие деревянистые растения, из них дольше других держится

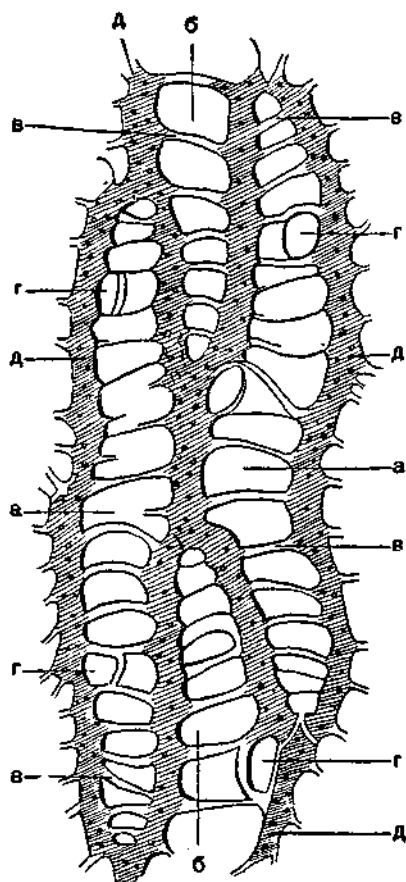


Рис. 52. Вид листа мха сфагнума остролистного *Sphagnum acutifolium* Ehrh. (по В. Шимперу). На рисунке видны две целые клетки (а) листа и две половинки клеток (б). Полость клетки пересекается кольцевидными утолщениями оболочки (в). В клетках видны отверстия (г). Клетки не содержат протоплазмы и наполнены воздухом (гиалиновые клетки). Клетки разделяются друг от друга слоем в одну живую клетку (д), наполненную протоплазмой, содержащей пластиды.

клюква, дальше травянистые растения, и, наконец, начинает отмирать и сфагнум. В этой фазе на сфагновом болоте появляются *насекомоядные растения*, росянки (*Drosera* L.) и жирянки (*Pinguicula* L.). Они питаются прилетающими насекомыми. Но и их отмирающие органы не могут значительно повысить зольности поверхности болота. Биологический покров болота начинает отмирать, на поверхности чернеющего болота, на обнажающемся торфе, появляется серый лишайник (*Lecanora tartarea* Ach.). Масса обнажившегося торфа начинает выветриваться, и дерновый период почвообразовательного процесса переходит в новую стадию.

Водораздельное болото. Продолжительность всех фаз и стадий дернового периода почвообразовательного процесса, как можно заключить из предыдущего, зависит от пищевого режима почвы. Так как пищевой режим находится в прямой зависимости от водного режима, а этот последний зависит в числе других причин от рельефа, то понятной становится зависимость дернового процесса от рельефа.

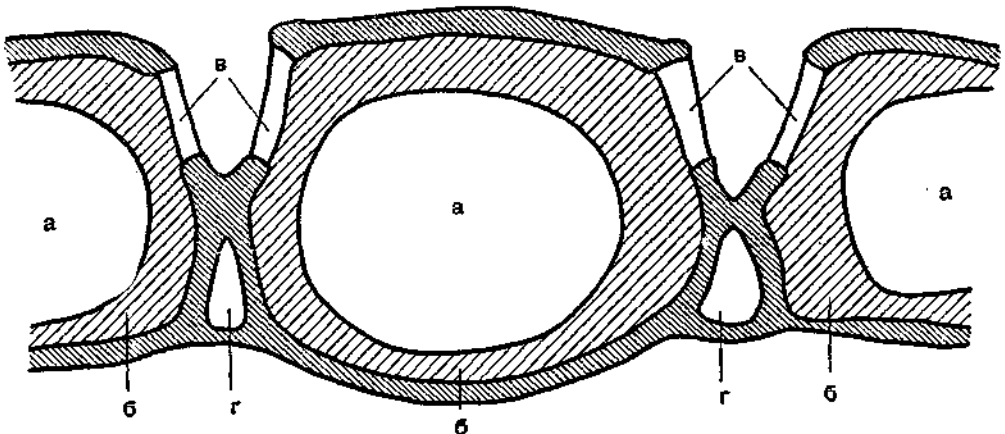


Рис. 53. Схема поперечного разреза через лист мха сфагнума ладьевидного *Sphagnum cymbifolium* Ehrh (по Габерландту): а — полость мертвой, наполненной воздухом (глинистой) клетки; б — кольцевидные утолщения клеточных стенок; в — ветви; г — живые хлорофиллоносные клетки; е — отверстия мертвых глинистых клеток.

Если припомнить условия водного и пищевого режима водораздела на кислой алюмосиликатной морене, то характер течения дернового процесса на нем станет совершенно ясным. На водоразделе существование леса будет очень длительно, так как в рыхлых элювиальных породах водораздела сильно преобладает аэробный процесс, интенсивность которого поддерживается приносом деревьями элементов пищи из глубины породы.

Господство аэробного процесса замедляет быстроту процесса накопления в почве органических остатков и аморфного перегноя. Но как только лес сменится лугом, а обыкновенно наступление этого момента ускоряется человеком, вырубаящим лес и обрабатывающим водоразделы в пастбища, так тотчас развертывается картина стремительного течения первой стадии дернового периода почвообразовательного процесса. *Бурьяновая фаза протекает нормально* в зависимости от количества лесного мусора и подстилки. Но как только разложатся остатки леса, так корневищевые злаки в самый короткий срок обратят в форму органического вещества весь запас золь, который уцелел от вымывания в область склонов. В грубой почве, склонной к сильным колебаниям влажности, и при скудном пищевом режиме корневищевые злаки не найдут условий длительного процветания.

Рыхлокустовая фаза совсем не найдет условий для проявления. Глубокие водораздельные подзолы, не обособившие рудякового горизонта, совсем лишены минеральных форм пищи растений, после того как исчезли лес и подстилка. Ясно, что и *плотнокустовая фаза также будет отсутствовать*, микотрофные злаки требуют богатой органическим веществом почвы. Таким образом после одного-двух лет бурьяновой фазы и одно-двухлетней продолжительности корневищевой

фазы сразу, почти без всяких промежуточных моментов, устанавливается фаза сфагнового болота.

Водораздельное болото и с поверхности отличается особенностями. Оставшиеся после леса пни быстро затягиваются мхом, образуя *моховые кочки*, в отличие от болота на элементах склонов, где кочки получаются лишь в результате частичного отмирания сфагнома. Древесная растительность на водораздельном болоте сильно угнетена, встречаются лишь изреженные карликовые деревья да кусты ползучей ивы, чаще всего вокруг пней бывшего леса. Бересковые и ягодные развиты слабо. Лучше других развивается клюква (*Oxycoccus microcarpus* Turcz.).

В разрезе такое болото представляет простую схему. Над глубоким водораздельным подзолом дерновый горизонт развит в толщину, обычно не превышающую 5 см. Выше горизонта минеральной почвы слой черного торфа в 2—3 см, преимущественно злакового, с остатками более толстых ветвей и пней деревьев, и выше, почти без перехода, горизонт сфагнового торфа, мелковолокнистого, с очень тонкими прослойками темного торфа. Ясно выраженные горизонты сосновых пней всегда отсутствуют.

Низинные болота. На нижней трети склона все начальные фазы *дернового процесса*, в отличие от водораздела, представлены в ярком выражении. При этом всякая последующая фаза всегда охватывает больший промежуток времени, чем всякая предыдущая. Первоначальное богатство материнской породы зольными элементами пищи увеличивает продолжительность всех начальных стадий дернового процесса.

В нижней трети склона лес очень скоро уступает место лугу. Причин этого ускорения две. Прежде всего избыточный приток и пищи, и воды обуславливает чрезвычайно энергичное развитие злаков в периоды осветления леса. Густой покров травы сильнее всего затрудняет природное лесовозобновление. Во-вторых, быстрый темп образования и сильно выраженное развитие рудякового горизонта губительно отражаются на природном лесовозобновлении и на долготии леса. Как только рудяк достигнет такой плотности, что стержневой корень лесных деревьев не в состоянии пробиться через него и будет принужден изменить вертикальное направление на горизонтальное, начнет стелиться по поверхности рудяка, так тотчас рост дерева в высоту прекращается, и вершина его закругляется. Очень скоро вершина дерева засыхает, и все дерево, начиная сверху, быстро отмирает.

Продолжительность корневищевой фазы луга на богатой почве нижней трети склона растягивается на несколько лет.

Тяжелые делювиальные глины поддерживаются в агрегатном состоянии вследствие обильного притока солей извести из более высоких частей склонов.

Рыхлокустовые злаки находят здесь неисчерпаемый запас элементов пищи вследствие постоянного притока их с вышележащих элементов рельефа. Поэтому, несмотря на срок своего господства в течение нескольких десятилетий, они не имеют стимула для использования даже части отложенных в рудяковом горизонте солей. Часто в этой области встречаются виванитовые глины, лежащие под рудяковым горизонтом, образованные за счет вноса солей фосфора с верхних элементов рельефа. Этот процесс тем ярче, чем менее рационально организована и используется прилегающая территория.

Сменяющая предыдущую плотнокустовая фаза может длиться десятки лет; нередко случаи, когда можно констатировать шестидесятилетний возраст этой фазы.

Неизбежно наступающее состояние лугового болота также длится десятки, если не сотни лет, и, повидимому, лишь очень редко переходит в состояние осокового болота, отлагая мощные толщи «чернораменных земель».

Причина такой длительности стадии накопления органического вещества выше поверхности минеральной почвы лежит в легкой разлагаемости торфа нижних частей склонов.

Разложение органического вещества — процесс биологический и в числе прочих условий зависит главным образом от количества содержащихся в нем элементов пищи растений.

Поскольку органическое вещество само источник энергии для организмов, обуславливающих процесс разложения, *быстрота темпа разложения органического вещества будет возрастать с увеличением в органическом веществе количества зольных элементов пищи растений.*

Аэробное разложение поверхностных горизонтов органических остатков, третьей трети склона, богатых зольными элементами, поэтому совершается настоль-

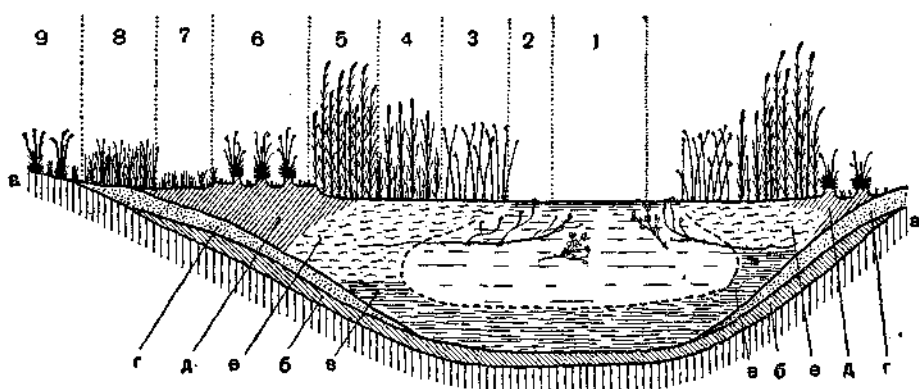


Рис. 54. Схема зарастания озера или заводи реки: а — минеральное дно водоема; б — известковый сапропелевый ил; в — аморфный сапропелевый торф; г — землистый торф; д — осоковый торф; е — камышево-тростниковый торф; ж — свободно-плавающие водные растения; з — рдесты и кувшинки; и — камыш; 1 — рогоз; 2 — тростник; 3 — крупные осоки; 4 — мелкие осоки; 5 — бактериотрофные корневищевые злаки; 6 — микотрофные злаки — щучка.

ко быстрым темпом, что они не успевают накапливаться выше поверхности почвы. То вещество, которое отлагается в массе почвы, защищено от доступа воздуха массой его уплотненных и пропитанных водой элементов. Что касается поверхности почвы, то разрушенное надело аэробным процессом органическое вещество обнажает новые горизонты его для того же процесса.

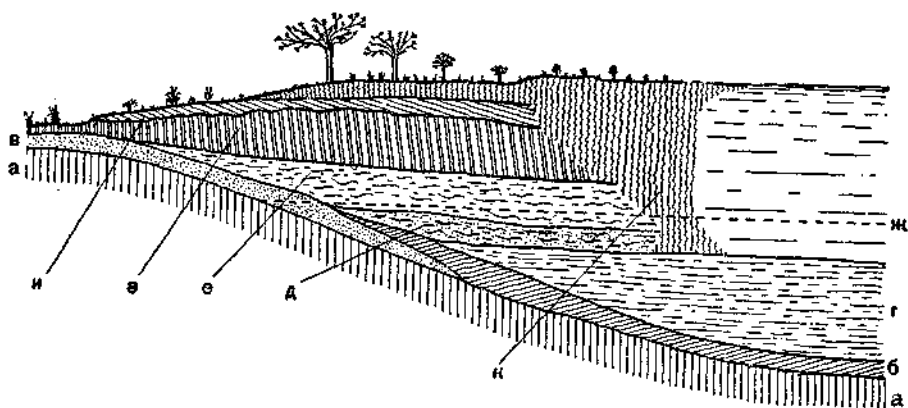


Рис. 55. Схема зарастания озера покровом сфагнового мха: а — минеральное дно водоема; б — известковый сапропелевый ил; в — землистый торф; г — аморфный сапропелевый торф; д — камышевый торф; е — тростниковый торф; ж — первоначальный уровень водоема; з — осоковый торф; и — зеленомоховой торф; к — сфагновый торф.

Сказанное вполне объясняет, почему на водоразделе быстро начинает накапливаться слой торфа. Он слишком медленно разлагается вследствие своей бедности зольными элементами. Также понятна и причина прогрессивного увеличения быстроты роста мощности торфа.

Резюмируем все сказанное. Причина образования болот — недостаток в почве зольных элементов пищи растений, содержание же воды в болоте есть простое следствие большой влагоемкости органического вещества.

Этот вывод диаметрально противоположен очень старому взгляду, господствовавшему раньше в почвоведении, что образование болот есть результат скопления воды. Здесь налицо смещение причины со следствием, которое обычно в так называемой «обывательской логике», но недопустимо в науке.

Зараствание озер. Причиной такого извращенного толкования совершенно ясного процесса послужило объяснение процесса наземного образования болот на основании наблюдений, произведенных при изучении подводного процесса зарастания озер и заводей рек.

При заращении озер уже имеется готовое скопление воды, тогда как в процессе образования болот вода есть результат влагоемкости накапливающегося органического вещества, и главным образом на водоразделах, с которых вода легче всего стекает. Надо помнить, что все наши равнинные реки берут начало в болотах и текут из них, а не в них.

Процесс зарастания озер и заводей рек начинается прежде всего со скопления на дне бассейна в условиях анаэробнозиса полужидкой массы аморфного торфа, так называемого сапропеля, состоящего из минерального ила, перетертых остатков пищи водных организмов и мертвых растительных и животных организмов и их частей, преимущественно раковин моллюсков (рис. 54).

Когда слой сапропеля достигнет достаточной толщины, на нем, начиная от берегов озера или заводи, поселяются земноводные растения: хвощи, камыши, тростник, мхи и др., и они постепенно своими ежегодно отмирающими органами заполняют бассейн воды. По мере заполнения бассейна на поверхности заполняющей массы, как на всякой почвообразующей породе, начинается дерновый процесс (рис. 55).

ПРИРОДНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДЕРНОВОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Границы послетретичных оледенений. — Абсолютный и относительный возраст почвы. — Отложения послетретичных оледенений. — Процесс таяния материкового льда. — Первичный почвообразовательный процесс. — Почвообразовательный процесс в тундре. — Почвообразовательный процесс в долинах рек. — Водный режим реки. — Образование песчаных отложений. — Области поймы. — Отложения центральной поймы. — Почвы и луга зернистой поймы. — Почвы и луга слоистой поймы. — Почвообразование в области притеррасной поймы. — Отложения притеррасной поймы. — Притеррасная ольховая топь. — Песчаные области поймы.

В конце третичного периода северное полушарие в большей своей части было покрыто мощным покровом материкового льда.

Этот покров из нескольких центров, лежащих вокруг северного полюса, растекался по поверхности европейского, азиатского и американского материков, достигая широт, значительно удаленных к югу от полюса. Толщина этого покрова была местами не меньше нескольких сотен метров.

Границы послетретичных оледенений. В европейской части СССР ледниковый покров достигал современных берегов Черного моря. За это говорит несомненное присутствие ледниковых несортированных глин и суглинков на глубине нескольких метров на северном берегу и на островах Черного моря. То же подтверждает наличие четырех горизонтов погребенных почв в толще лёссов. Предположение переходит в уверенность при аналитическом сопоставлении следующих фактов: 1. остатки фауны послеледникового периода в четвертичных отложениях, 2. отсутствие конечных морен на всем пространстве южной европейской части СССР, 3. нахождение горизонта полусортированных песков под толщей рыхлых поверхностных пород до северных берегов Черного моря, 4. нахождение там же валунов и валунчиков северных пород. За то же говорят нахождение многочисленных валунов рядом с раковинами морских моллюсков в верхних горизонтах третичных известняков и строение многочисленных морских лиманов на северном берегу Черного моря, которые по своему строению не отличаются от ледниковых фиордов Норвегии и Гренландии.

В ту же эпоху и ледники горных областей, окружающих великую русскую и азиатскую равнины, достигали гораздо более широкого развития, чем в настоящее время: с запада — ледники альпийский и карпатский, с юга — ледник кавказский, с востока — ледник памиро-алайский. Совершенно так же и в Сибири.

Северный ледник встречается на юге с ледником алатауским, алтайским и хинганским.

Постоянное присутствие полусортированной массы валунных и безвалунных песков, подстилающих все мягкие породы среднеазиатской равнины, присутствие валунов кристаллических и осадочных пород во всех мягких породах, так называемых южно-русском и среднеазиатском лёссах, валуны на столовых возвышенностях, широчайше распространенный галечный и каменистый покров в сотнях километров расстояния от ближайших гор — все это красноречиво говорит о колоссальной по площади и продолжительной во времени работе материкового льда.

Колоссальное количество накапливающихся фактов, как касающихся следов послетретичных оледенений, так особенно все чаще находимые следы прошлых

оледенений на всех континентах, под всеми широтами и во всех геологических эпохах вплоть до девона, уже не позволяет оставаться при старой гипотезе четырех оледенений — Гинц, Мюндель, Рисс, Вюрм. Непонятны причины периодических наступаний и отступаний этих четырех оледенений под воздействием кли-



Рис. 56. Граница двух последовательных морен, разделенных остатками подонной морены. Справа видны отшлифованные валуны (из Вольфштеота, «Das Eiszeitalter, 1929»).



Рис. 57. Тундра севера СССР на берегу Северного Ледовитого океана.

мата, изменяющегося попеременно то в направлении похолодания, то потепления. При этом причина этих изменений именно в послетретичную эпоху остается неясной.

Эти объяснения перестали удовлетворять кого бы то ни было. Они просто констатируют факты, не вскрывая их внутренней связи.



Рис. 58. Тундра севера СССР на берегу Северного Ледовитого океана.

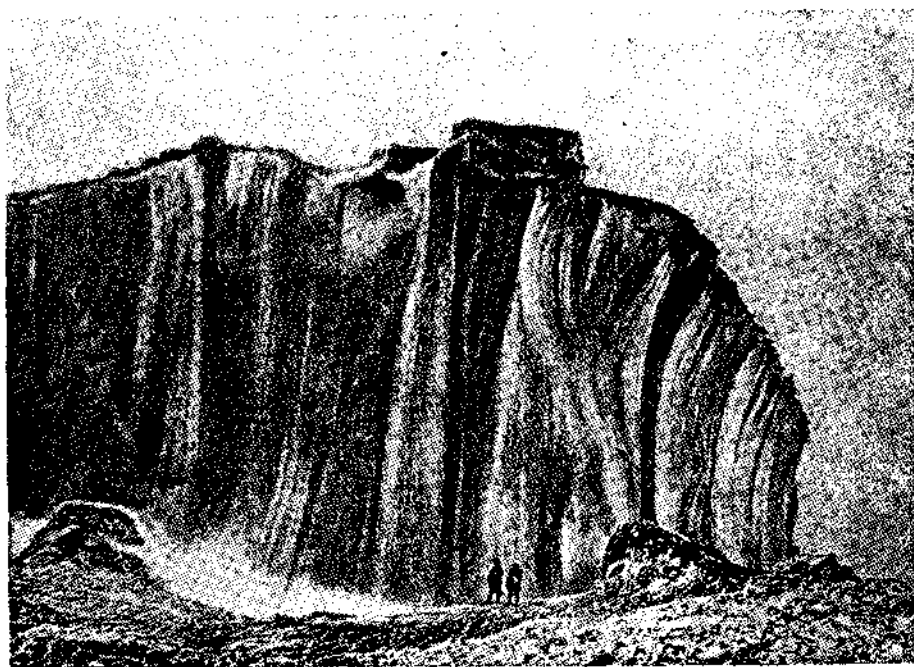


Рис. 59. Обнаженный материковый лед на полуострове Таймыр.

Прежде всего нам не известны никакие прямые следы перемещения областей холода с северного и южного полюсов. Их пребывание на северном и южном окончаниях оси суточного обращения Земли определяется средним наклоном оси вращения Земли под углом в $23,5^\circ$ к плоскости эклиптики. Небольшие колебания этого угла, вызываемые нутационным колебанием оси суточного вращения Земли,

могут быть причиной незначительных круговых смещений областей под влиянием миграции полюсов холода, перемещающихся вследствие нутации.

Раз положение и размеры областей холода надо признать неподвижными по отношению к оси суточного вращения Земли и изменяющимися лишь в небольших пределах, то отсюда неизбежно вытекает заключение, что, несомненно, наблюдаемое наступательное или отступательное движение ледников северного и южного оледенения представляет не истинный, а кажущийся, относительный процесс, подобно кажущемуся вращению Солнца вокруг Земли.

Очевидно, что такое заключение требует признания еще одного движения массы Земли, кроме уже хорошо изученных.

Нам хорошо известен процесс «прецессии», или «предварения равноденствий». Оно состоит в том, что ежегодно моменты равноденствий наступают на 30,1 секунды раньше, чем в прошлом году. Такой процесс заставляет признать еще одно

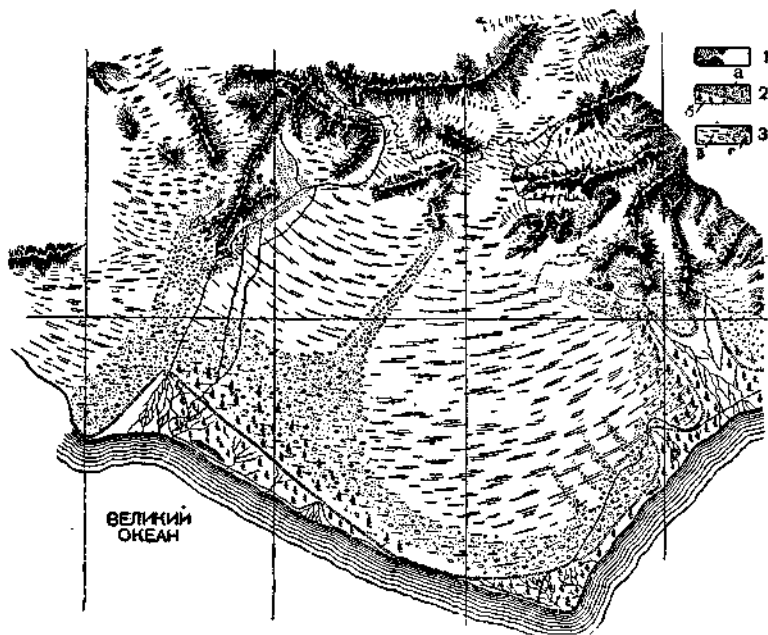


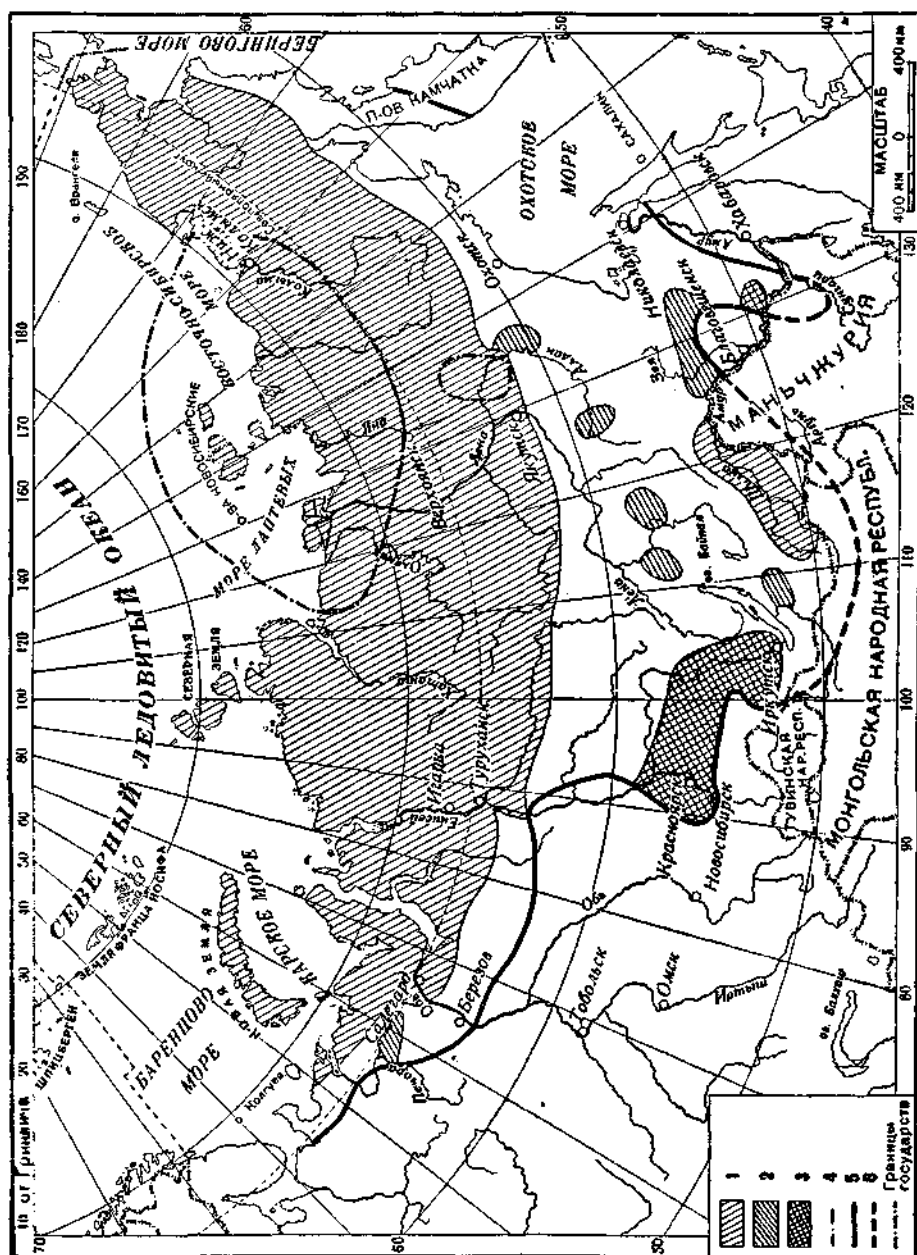
Рис. 60. Ледник Малайсина в южной Аляске, вступающий в вековой лес: 1 — вершины гор и горных цепей, выступающие из ледника; 2 — граница между живым лесом (б) и лесом, гибнущим под напором ледника (а); 3 — ледниковое поле, покрытое травами (в) с моренными отложениями на нем (г) (из Вольдштедта, «Das Eiszeitalter», 1929).

вращательное движение всей массы Земли, совершающееся приблизительно в том же направлении, как и суточное обращение, но со скоростью одного оборота круглым числом в 100 000 лет.

Сопоставляя направление прецессионного движения Земли с направлением границ климатических зон, которые даже в континентах, свободных от влияния так называемой «материковости», не сохраняют параллелизма широтным зонам, мы найдем, что это прецессионное обращение совершается в направлении с северо-северо-запада на юго-юго-восток.

Прецессионное обращение Земли влечет за собой такие последствия. Полярные в настоящее время области через 25 000 лет (округло) пройдут через экватор. Через следующие 25 000 лет они будут погребены под антарктическим ледником и еще через 25 000 лет опять пройдут через экватор, но уже в западном полушарии и еще через 25 000 лет займут приблизительно старое место.

Степень развития оледенения в каждой точке будет зависеть от расстояния от полюсов холода, в котором окажется точка при прохождении через область



Схематическая карта вечной мерзлоты в СССР. Отступающая в восточном полушарии область холода вокруг северного полюса оставляет после себя на огромном протяжении горизонт вечной мерзлоты, доходящий до Берингова моря по градусам широты и до Монгольской Народной Республики по меридиану. 1 — область сплошной вечной мерзлоты; 2 — районы вечной мерзлоты с наличием островов тающей почвы; 3 — районы островов вечной мерзлоты среди тающей почвы; 4 — граница, замыкающая районы значительных толщ льда в вечно мерзлой почве; 5 — южная граница вечной мерзлоты; 6 — то же вне пределов СССР.

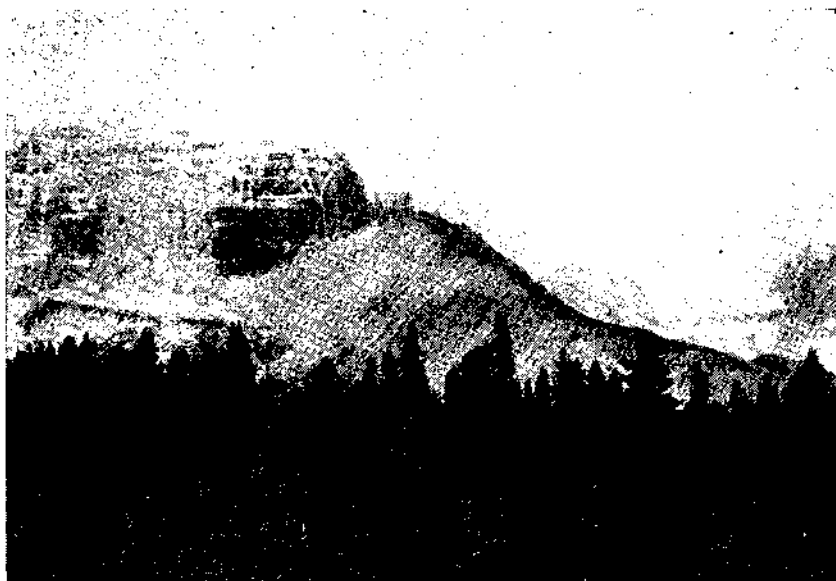


Рис. 61. Лес вековых канадских елей, в который непосредственно вступает ледник Атабаска (справа) в Канаде (фото В. Хармона из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 4).



Рис. 62. Отдельно стоящие ели на того же ландшафта, что на рис. 61 (фото Л. Фримэна, оттуда же).

холода. Это расстояние будет изменяться под влиянием нутационного движения оси суточного обращения и движения материков. По мере приближения к областям холода горных стран на их высотах будут образовываться ледники меньших размеров.

Эти ледники будут впадать и против течения, и по течению главного. Этот момент очень важен, так как в корне разрушает гипотезу об одновременности (синхронизме) всех оледенений всего северного полушария, принимаемую сейчас,

и устанавливает разницу между временем оледенения различных горных стран в тысячелетия и десятки тысячелетий.

Так же становится ясным, почему, если за областью, выступающей из-под области оледенения, следует горная страна, выходящая область покрыта мертвой минеральной мореной; в случае же, когда следует страна равнинная, выходящая область покрыта почвенным покровом того возраста, который застала надвигающаяся область оледенения, и после прохождения последней области почвенный покров продолжает развиваться сообразно новым условиям. Становится ясной причина качественной разницы между тундрой европейской части СССР, западно-сибирской, якутской и дальне-восточной.

И, наконец, ясным становится, почему в европейской части СССР, выходящей из-под области оледенения, мы встречаем чередование зон в последовательном

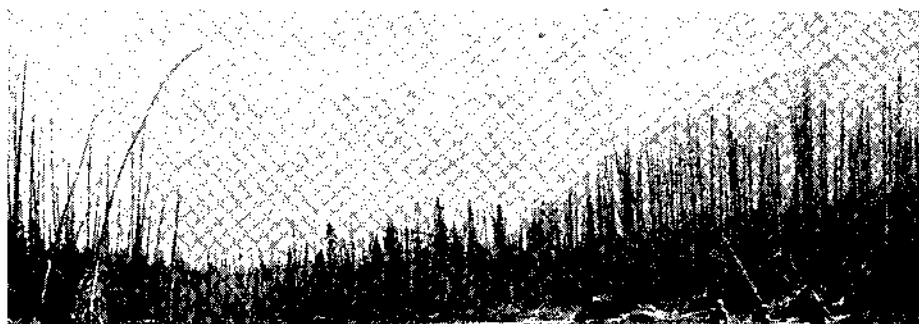


Рис. 63. Ели, усыхающие при вступлении в них того же ледника, что на рис. 61 (фото Б. Хармона, оттуда же).

порядке: тундры, лесотундры и тайги, и широко распространенную область «вечной мерзлоты», между тем как на севере американского континента, вступающего в область оледенения, зона материкового льда непосредственно соприкасается с тайгой, явно наступая на лес и сокрушая вековые ели.

Вместе с тем последнее противопоставление красноречиво подтверждает правильность очерченной концепции.

Вся поверхность территории СССР была покрыта ледником, который стер с поверхности земли многие следы протекавших ранее наземных биологических процессов.

Абсолютный и относительный возраст почв. По мере освобождения поверхности русско-азиатской равнины из-под покрова ледника биологическим элементам суши пришлось заново завоевывать минеральную поверхность рухляка, отложенного отступающим ледником.

Продолжительность истории каждой точки освобожденной от ледяного покрова поверхности рухляка различна в зависимости от времени, прошедшего с момента выхода ее из-под ледникового покрова.

Освобождение от ледникового покрова происходило с геологической медленностью, и разница между временем освобождения наиболее южной и наиболее северной полос суши измеряется десятками тысячелетий. Эта разница и определяет собой абсолютный почвенный возраст страны. Самые молодые области, наиболее поздно освобожденные от ледяного покрова, лежат на севере.

Напряженность притока солнечного света и тепла в северном полушарии непрерывно падает в направлении с юга на север, и в том же направлении падает и энергия суммарного проявления биологических процессов. Эти моменты представляют конкретное содержание понятия об абсолютном возрасте почв страны.

Материковость страны и ее абсолютная высота над уровнем океана влияют в том же направлении.

Влияния рельефа и свойств рыхлых почвообразующих пород, выявляющиеся в их отношениях к воде и пище растений, определяют быстроту и энергию биологических процессов и, следовательно, суть факторы, характеризующие относительный почвенный возраст страны. Причем направления влияния каждого из



Рис. 64. Верхняя часть одной из ветвей ледника Саскачеван в Канаде (фото Б. Хармона из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 4).



Рис. 65. Айсберги (плавающие ледяные горы), отрывающиеся от ледника Саскачеван при его вступлении в Великий океан. Видны мачты (высота 26 м) сторожевого судна. Надводная часть "ледяных гор" представляет $\frac{1}{7}$ их подводной части.

этих факторов могут или совпадать или быть противоположными, и влияние каждого из последних факторов может отличаться еще и различными степенями интенсивности своего проявления.

Таково сложное содержание простого на первый взгляд понятия о почвенном возрасте страны.

Таким образом диалектически неизбежен следующий вывод. В природе существует единый почвообразовательный процесс, с многообразием форм его проявления, направление которого (процесса) определяется абсолютным почвенным возрастом страны. *Почвенные зоны и типы почв, которые различаются в почвоведении, лишь статические моменты единого колоссального по длительности и протяженности динамического процесса.* Они представляют те диалектические «скачки», которые зависят от невозможности для нас уловить эти медленные и незначительные изменения, пока они не накопятся до степени скачка, определяемого качественными различиями комбинации условий, получившимися в результате накопления количественных изменений. В них протекает тот же процесс в качественно несравнимых условиях. Различие темпа наступления этих скачков определяется относительным почвенным возрастом страны.

Подразделение почв в пределах типа или зоны по свойствам почвообразующего рухляка производится лишь с целью охарактеризовать те причины различной быстроты хода процесса почвообразования, на которые может влиять сама порода.

Дальнейшее подразделение почв лишь на основе их морфологических признаков, мощности разных горизонтов, цвета и т. п. выходит за пределы моего понимания, и на мой взгляд не имеет ни научного, ни производственного значения, так как один и тот же морфологический признак может быть следствием самых разнообразных причин. Оно должно быть рассматриваемо как «детская болезнь», через которую в большей или меньшей степени прошли в своем развитии все научные дисциплины.

Отложения послетретичных оледенений. Ввиду большого влияния свойств рухляковой породы на быстроту течения почвообразовательного процесса необходимо в самых общих чертах познакомиться со свойствами преобладающих в СССР послетретичных ледниковых отложений.

В пределах европейской части СССР материковый лед растекался веерообразно в направлении с северо-северо-запада на юго-юго-восток. Направление его движения местами изменялось под давлением масс льда, стекавших с Урала, с Альп, с Карпат и с Кавказа; в месте встречи кавказского и скандинавско-русского ледников с ним сливалась западная ветвь памиро-алайского ледника и, может быть, северные части афганского, принимая общее направление к северо-восточному побережью Черного моря. Северная часть уральского ледника отклоняла направление скандинавско-русского ледника к северу, так же как в Азии она отклоняла западную ветвь памиро-алайского ледника, сливавшегося с алатауским и алтайским ледниками, и увлекала с собой к европейскому и сибирскому берегам Ледовитого океана.

Таковы были в общих чертах главные направления потоков материкового льда, насколько можно судить по петрографическому составу валунов, разнесенных потоками льда из областей их питания.

Среднеазиатские ледники отложили огромные толщи морены, давшей начало образованию рухляковой породы, известной под названием *среднеазиатского лёсса*, тяжелым восточным *прикаспийским глинам* и так называемым *третичным глинам* и *лессовидным суглинкам Западной Сибири*.

Лед скандинавско-русского ледника в своем поступательном движении через финляндско-карельско-оловеевскую область сначала спес все оставшиеся от более ранних геологических эпох осадочные породы, которые были дислоцированы выдвигнувшимся массивом кристаллических пород, и уже далее начал свою денудационную работу над кислыми алюмосиликатными породами обнажившегося кристаллического массива. Двигаясь дальше к востоку, лед послетретичного оледенения проник в область, покрытую отложениями пермской системы. К югу от названных областей лед беспрерывно двигался по поверхности осадочных пород, преимущественно карбонатных, юрской, каменноугольной, девонской и меловой систем, прерванных только на юге выходом кислых алюмосиликатных пород южно-русской кристаллической гряды, близ которой к нему присоединялся с запада восточный сектор карпатского ледника.

Ледник при своем таянии отложил на поверхности подстилавших его пород, по которым он двигался, весь тот материал, который лед заключал в своей массе. Всю восточную область своего распространения, начиная с бассейна Северной Двины до Уральского хребта, часть АССР Коми, бб. Костромской, Пермской, Вятский округа, часть Свердловской области и Куйбышевской, Саратовской и Сталинградской областей и часть Казахской ССР ледник покрыл *мореной, состоящей или из перетертых красных мергелей пермской системы с мелкими валунами этих мергелей, или, в более южных областях, смесью ее с рухляком кислых алюмосиликатных и карбонатных пород Урала и песчаников Общего Сырта.*

В южном направлении скандинавско-русский ледник послетретичного оледенения дальше всего отнес первоначально захваченные льдом *осадочные породы, покрывавшие северный кристаллический массив.* Ближе к северу он отложил рухляк из преобладающих *кислых алюмосиликатных пород, и, наконец, на севере остались сложенные и стертые поверхности кристаллического массива.*

При переходе через область южной кристаллической гряды ледник увлек с собой и обломки составляющих ее кислых алюмосиликатных пород, отложив их одновременно с принесенными с севера. Там же, в южной области, отложились и породы северо-восточного края карпатского ледника («карпатская галька»).

Наконец, всюду к отложениям послетретичного ледника могут быть примешаны и местные валуны из обнажений коренных пород, передвинутые ледником на короткие расстояния.

Процесс таяния материкового льда. Процесс таяния материкового льда, обыкновенно называемый периодом отступления ледника, должен был совершаться с еще большей медленностью, чем процесс надвигания ледника.

Таяние материкового льда происходило *одновременно и с его дневной и с его донной поверхностями.* Оба эти процесса постепенно затухали. Донное таяние происходило под влиянием давления массы льда, и как только это давление упало ниже предела критического давления, донное таяние льда должно было прекратиться.

Вода, образующаяся под донной поверхностью льда, стекала по уклонам рельефа подстилающей породы, собиралась в подледниковые потоки и реки и по руслам главных подледниковых артерий стекала частью в Ледовитый океан, частью в бассейн Атлантического океана через Балтийское море и частью в южный бассейн, состоявший, вероятно, из совокупности Аральского, Каспийского, Азовского и Черного морей. Такими подледниковыми артериями были долины наших современных больших рек, Северной Двины, Мезени, Печоры, Оби, Урала, Волги, Дона, Днепра, Буга, Немана, Вислы и их главных притоков, Иртыша, Камы, Оки, Барезипы, Припяти и др.

Образующаяся при донном таянии вода уносила тонкие продукты выветривания, которые с поверхности ледника проникали до дна его под совокупным влиянием силы тяжести и пластичности льда, а также продукты выпаживания материковым льдом своего ложа. Понятно, что могли уноситься лишь наиболее мелкие частички. Под всем ледником таким путем образовался *сплошной слой полуперемытой рухляковой породы, так называемой поддоной морены, сложенной из отмытых песков, валуновых или безвалуновых. Все крупные современные реки, бывшие подледниковыми потоками, текут по этой породе.*

Таяние ледника с дневной поверхности сначала совершалось под влиянием непосредственного воздействия солнечных лучей. Но, скоро на поверхности льда обособился горизонт рухляка из обломков пород, заключавшихся в толще льда. С этого момента таяние материкового льда стало совершаться очень медленно, под влиянием малой теплопроводности новой породы, *основной морены.* Вместе с тем огромное количество тепла тратилось на испарение воды с поверхности основной морены.

Сначала ледяная вода стекала по поверхности основной морены, давая начало делювиальным и элювиальным отложениям, так называемым покровным глинам

■ покровным пескам. Рельеф покровных пород постоянно менялся в зависимости от количественного содержания в погребенном льде твердого материала и от различной скорости таяния льда вследствие различной теплопроницаемости покровных пород. Поэтому в конечном расположении элювиальных и делювиальных покровных пород не наблюдается никаких признаков зависимости от современного рельефа. По мере образования покровных пород обособлялся и горизонт почвенных вод, питающих реки второго порядка, текущие по руслам, промытым в основной морене и не доходящим до поддонной морены. Когда же исчез погребенный лед



Рис. 66. Подледниковый поток Ронского ледника в Швейцарии (по П. Вольфштедту).

■ обособившаяся из него основная морена окончательно осела на горизонт поддонной морены и при осушке пронизалась в своей массе системой трещин, то обособился и горизонт грунтовой воды, питающей реки первого порядка, текущие по поддонной морене или так называемым низким валунным или безвалунным пескам.

Как только на поверхности тающего материкового льда обособился хотя бы тонкий покров минерального рухляка, так тотчас на нем начался процесс развития биологических элементов природы, а следовательно, и почвообразовательный процесс.

Первичный почвообразовательный процесс. На поверхности рухляковой породы начинает нарастать слой так называемого пустынного загара, концентрирующего в себе элементы зольного и азотного питания растений. Эта тончайшая пленка первичной почвы образуется в результате жизнедеятельности так называемых хемотрофных бактерий. Хемотрофные бактерии преобразовывают в освоенную энергию экзотермическую энергию минеральных реакций. Эти реакции возбуждаются самими хемотрофами и протекают на поверхности породы, заселенной хеобактериями, вызывая взаимодействия ее составных частей с элементами атмосферы. Эти бесхлорофилльные организмы, обладая способностью

использовать упомянутый источник энергии, синтезируют органическое вещество без усвоения энергии солнечного света. Они образуют на поверхности породы тонкую пленку, содержащую окиси железа и марганца, фосфорную кислоту и органическое вещество, содержащее азот. На поверхности так называемого пустынного загара (черного цвета) или лака (желтого цвета) поселяется первый автотрофный организм, водоросль *Dermatocaulon juvenalis*, покрывающая своим плотным черным слоевищем тонкий налет загара или лака.

На мертвом органическом веществе, отлагаемом водорослью, поселяются лишайники, сначала исключительно корковые, *Lecanora*, *Leclidea*, *Cetraria* и др. Начинается развитие лишайниковой тундры, которая сейчас, как самая молодая в почвенном отношении зона, занимает области крайнего севера на границе с вечными полярными льдами. Но через стадию тундры прошли и все зоны, сейчас занятые иной стадией почвообразовательного процесса. На это красноречиво указывают окаменелые остатки тундровых лишайников на валунах лессов среднеазиатских республик.

Корки окаменелых лишайников нельзя считать минеральными образованиями, ибо в их состав непременно входит в большом количестве щавелевокислый кальций, т. е. органическое вещество. И всегда под коркой окаменелых или живых лишайников мы находим пленку пустынного загара.

Почвообразовательный процесс в тундре. Условия развития растений в современной тундре крайне суровы. Атмосферных осадков выпадает мало, в среднем около 200 мм в год, и это количество выпадает, главным образом, в продолжение короткого восьминедельного лета. После лета сразу наступает почти бесснежная зима, во время которой даже в марте нередки морозы в $-35-40^{\circ}$. В течение зимы свирепствует господствующий сухой северо-западный ветер. Он все иссушает и сносит в понижения и мелкозем, и снег и даже мелкие камешки, образуя сугробы грязного снега. Удержаться на поверхности камней могут только корковые и накипные лишайники, и лишь в ветровой тени валунов сохраняются кустики ветвистого оленьего лишайника (*Cladonia rangiferina*) и лопасти исландского лишайника (*Cetraria islandica* Ach.). На накопленном ими мертвом органическом веществе развивается микотрофный мох *Polytrichum juniperinum* Web. et Mohr. и жалкие кустики микотрофных злаков — *Trisetum spicatum* Richter и *Festuca ovina* L. Такова высокая, или каменистая, или лишайниковая тундра.

Условия понижений тундры менее суровы. В них зимой сносится почти все высушенное ветром органическое вещество, образовавшееся летом на высокой тундре, и зимой они покрыты ветолюстым и неравномерным слоем грязного снега. Поэтому летом на них развивается более разнообразная растительность.

За короткое лето, во время которого не все сугробы снега успевают растаять, глубоко, до полного смыкания с горизонтом вечной мерзлоты, промерзшая за длинную, суровую зиму почвообразующая порода пониженной тундры не успевает оттаять больше чем на 30 см. Рельеф тундры еще нерасчленен и представляет ряд замкнутых углублений. Поэтому вода снеговых и летних дождей заполняет все пониженные места и не в состоянии просочиться вниз через породу вследствие непроницаемой мерзлоты.

Летом тундра представляет сплошную сеть луж и неглубоких озер, вода которых переливается через наиболее пониженный край в ближайшее по уклону озеро, промывая сложные извилистые протоки. Температура в среднем низкая, влажность воздуха высокая и испарение ничтожно.

Ясно, что при таких условиях в почве тундры господствует абсолютный анаэробизм, и в ней быстро идет накопление мертвого органического вещества.

Тонкий слой незамерзшей почвы не дает растениям возможности накопить в почве запас зольных элементов пищи, и территории сразу заглаживают сфагновые мхи. Микотрофные деревянистые представлены водяникой (*Empetrum nigrum* L.), морощкой (*Rubus chamaemorus* L.), ползучими карликовыми ивами (*Salix reticulata* L., *S. polaris* Wahlb.) и др. Все эти растения стелются по земле; все возвышающееся над тонким покровом снега обречено на гибель от высыхания,

так как растения не в состоянии обеспечить снабжение водой тех своих частей, которые выдаются из-под снега, ибо почва промерзает до горизонта вечной мерзлоты. Поэтому *деревья в тундре отсутствуют*, так же как и в области высокогорных лугов.

Живой моховый покров отличается малой теплопроводностью, под ним торфяная масса оттаивает летом всего на 5—8 см. Поэтому содержащиеся в торфе зольные элементы пищи растений остаются недоступными для корней деревянистых микотрофных, и прирост болота крайне мал. Мощностъ болот тундры не превышает 1 м, редко достигая и этой толщины, так как растительность болота быстро отмирает вследствие недостатка элементов пищи.

Обнаженная темная масса торфа отмершей части болота сильно нагревается летним незаходящим солнцем. Почва под ней оттаивает до глубины 50—100 см. Торф с поверхности высыхает, разрыхляется вследствие сокращения в объеме и медленности волосной подачи воды снизу и весной следующего года, торфяная крупка, плавающая по поверхности озер и луз, уносится извилистыми потоками воды, пересекающими в это время года всю поверхность тундры.

Обнажаются большие пониженные пространства более богатого золой торфа, на которые ветер и многочисленное пернатое население тайги, привлекаемое массой ягод, водяники и морошки, заносит семена деревьев.

Выросшие в понижениях молодые всходы деревьев, преимущественно ели и лиственницы, сначала защищены от вымерзания наносимым в понижения снегом, а в дальнейшем сами предохраняют снег от сдувания. Под покровом снега почва не промерзает до вечной мерзлоты, верхняя граница вечной мерзлоты медленно, но неуклонно понижается, и понемногу *лес завоевывает территорию тундры*, сначала отдельными пятнами, которые со временем расширяются под защитой сугробов, навешаемых со стороны тундры. Понятно, на это требуется работа не одного поколения леса.

Пока лес, отеснивший тундру, развивается в массе торфа, ему не страшно соперничество травянистых растений. В массе бедного золой торфа могут развиваться только микотрофные деревянистые растения с широко развитой корневой системой, вообще развивающиеся медленно и угнетаемые в условиях тундры влиянием короткого лета.

Они разрушают органическое вещество торфа, и деревянистый отпад их, отлагаясь рыхлой массой, легко разрушается грибами. В это время под пологом леса, еще не достигшего состояния сомкнутой группировки, роскошно развивается флора лишайников и высших, и низших грибов, довершающих работу разрушения торфа, накопленного тундрой.

Торф исчезает, и на глубоко оттаявшей под пологом леса почве тундры на смену пионеров древесной растительности, лиственницы и ели, реже березы, появляются представители настоящих лесных деревьев с глубоким стержневым корнем.

Наступает стадия подзолистого периода почвообразовательного процесса, и одновременно начинается завоевание леса травянистой растительностью. Вступает в свои права дерновый период почвообразовательного процесса.

Но этим не исчерпываются все случаи природного проявления дернового периода. Остановимся на его проявлении в долинах рек первого порядка, т. е. текущих в долинах, промытых в ледниковых наносах до поддонной морены.

Почвообразовательный процесс в долинах рек. Долина реки представляет более или менее извилистую полосу территории страны, в которой все мелкие элементы основной морены, отложенной льдом послетретичного оледенения, снесены водой реки в тот бассейн, куда впадает река. Дно речной долины, таким образом, составляет поддонная морена, перекрытая сверху не снесенными рекой грубыми элементами основной морены: песком, хрящом и валунами, которые вследствие аналогичности своего происхождения ничем не отличаются от поддонной морены. Они сливаются с последней в один горизонт *нижних аллювиальных песков*, которые подстилают долину реки во всю ее ширину и соединяются в одно неразрывное целое с *нижними валунными и безвалунными аллювиальными песками*,

подстилающими ледниковые отложения, начиная от коренных берегов реки. Иногда в долине могут сохраняться неразмытые «останцы» основной морены.

По горизонту поддонной морены беспрерывно притекает питающий реку ток грунтовой воды первого горизонта, определяющий минимальную высоту меженей реки (рис. 78).

Долина реки ограничивается с противоположных сторон коренными берегами, сложенными из ледниковых наносов или коренных пород, перекрытых делювием тех же наносов или откосами второй надлуговой террасы. По долине реки в пределах коренных берегов извивается русло реки, приближаясь попеременно то к одному, то к другому берегу и по очереди подмывая их. Таким образом вся долина реки, или пойма ее, разделена на удлинённые участки, ограниченные изгибающимся руслом реки с одной стороны и изгибами корен-

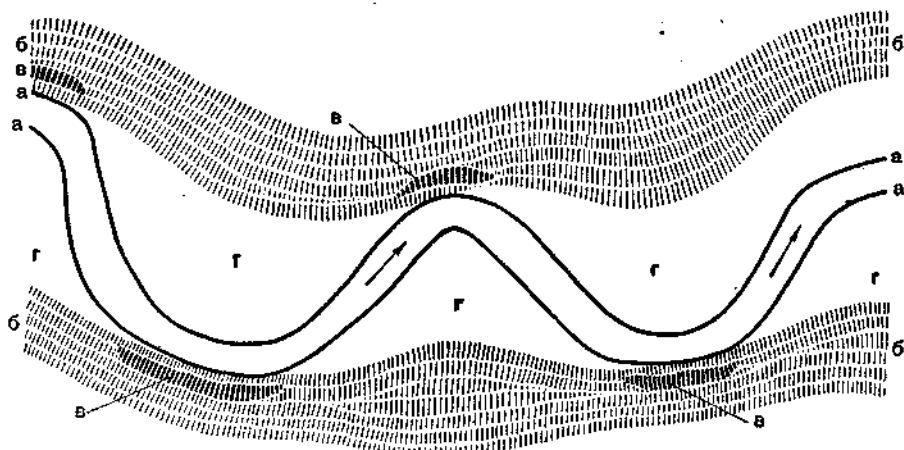


Рис. 67. Схема пелучини реки по своей долине и обособление участков поймы: а — меженные берега реки; б — коренной берег, или берег надлуговой террасы; в — обрыв коренного берега, или надлуговой террасы; г — участки поймы.

ного берега с другой (рис. 67). Часто изгибы реки так близко подходят к коренному берегу, что, подмывая его, обуславливают периодические оползни и обвалы.

Вся поверхность долины реки между коренными берегами заполнена последними ледниковыми отложениями реки, или *аллювием*, образуя *луговую террасу реки*.

Водный режим реки. Все реки периодически изменяют высоту своего уровня. Максимальной высоты вода в реке в средних широтах достигает или под влиянием весеннего таяния снега, или в реках, берущих начало в ледниках как в период весеннего таяния снега, так и во второй период — наибольшего таяния ледников. Начиная с этого времени, уровень воды в реке беспрерывно падает, доходя до минимального меженного уровня, определяемого высотой подпора грунтовой воды и величиной притока почвенной воды. В промежутках между наивысшим уровнем воды в реке, или половодьем, и меженью уровень воды в реке может колебаться под влиянием притока атмосферных осадков и связанного с ним притока делювиальных вод и верхних горизонтов почвенной воды (верховодки).

Из приведенного раньше анализа водного режима леса ясно, что облесенность водосборного бассейна реки или отсутствие в нем леса будут иметь решающее значение в определении характера водного режима рек.

В случае сильно облесенного бассейна реки весеннее половодье не может отличаться большой стремительностью, и вода в реке будет подниматься медленно. Совершенно так же и падение уровня воды в русле будет совершаться

с большой постепенностью. То же касается и воды летних дождей. Поэтому к еще неуспевшей сбегать с водосборного бассейна реки весенней воде будет прибавляться вода летних дождей. Уровень воды будет колебаться медленно и в небольших пределах, никогда не достигая своего минимального уровня, определяемого высотой подпора грунтовой воды. Эти процессы определяются свойствами лесной подстилки.

Так же влияет и развитие болот в бассейне реки. *Неровность и рыхлость из поверхности представляют такое же сопротивление быстроте сбегу воды, как и лесная подстилка. В массе торфа вода неподвижна, и в природном залегании толща торфяного болота совершенно непроницаема для воды.*

Совершенно иным будет водный режим рек, если бассейн их лишен покрова леса и болот.

Образование песчаных отложений. Снег начинает таять не в феврале, как под пологом леса, а приблизительно на месяц позже. Он окончательно сходит на одну-две недели раньше, чем в облесенном бассейне, причем по ночам таяние его почти прекращается. Снеговая вода первое время, пока еще сохранился снеговой покров, встречает в нем некоторое сопротивление быстроте своего движения. Но как только появляются проталины, вода стремительно уносится по поверхности почвы.

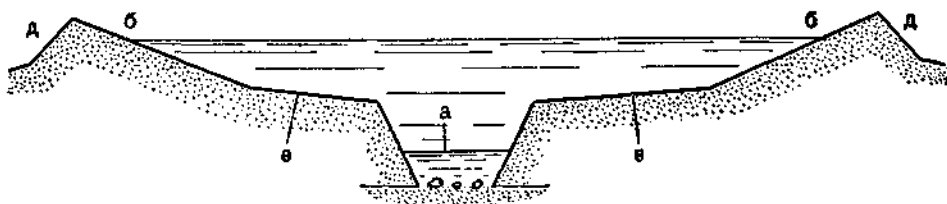


Рис. 68. Схема разлива реки при образовании зернистой поймы: а — меженный уровень реки; б — уровень весеннего разлива; в — бечевник; д — прирусловые дюны.

Часто говорят, что в безлесных местностях снеговая вода быстро сбегает с поверхности почвы, не проникая в нее потому, что в это время почва еще не оттаяла и не пропускает воды. Это механистическое утверждение неверно. К моменту таяния снегового покрова всякая почва в природных условиях находится в условиях первого количественного максимума влажности, т. е. в состоянии насыщения ее *полной влагоемкости*, и не может вместить новые количества воды ни под каким давлением, независимо оттого, находится ли она в оттаявшем или замерзшем состоянии.

Поэтому в период весеннего таяния снега в безлесных районах уровень воды в реке быстро и высоко поднимается и, продержавшись при небольших суточных колебаниях короткое время на большой высоте, быстро падает.

Огромная и кратковременная подача воды с верховьев вызывает чрезвычайный по высоте и продолжительности подъем воды в низовьях, пока устье реки пропустит все накопившееся количество воды в море.

Но как только сбежит весенняя вода, уровень ее в реке быстро падает до своего минимального стояния, определяемого подпором грунтовой воды.

Вместе с тем и питание грунтовых вод становится все менее совершенным, и уровень межени систематически понижается. Река из постоянного аллювиального потока обращается в периодический делювиальный поток.

Чтобы ясно представить влияние характера разлива реки на ход дернового периода почвообразовательного процесса в долине рек, нужно ознакомиться с рельефом поверхности долин и с характером отложений реки.

При всяком подъеме воды в реке, когда разлив покрывает берега русла, в нем *неминуемо устанавливается разность скоростей течения*. В русле вода движется с большей скоростью под влиянием более высокого гидростатического давления слоя воды в нем. Вода, затопившая луговую террасу, понятно, не так

глубока, как в русле; давление ее невысокого слоя невелико, поэтому и скорость движения меньше (рис. 68).

Вследствие разности скоростей вода из русла беспрерывно заполняет пустое пространство, образуемое отстающей водой, текущей по *террасе*, образуя характерные для половодья конвекционные или *вихревые токи*, водовороты, заносящие на берег все элементы, взмученные в воде русла. Более крупные частички песка, попав в медленное течение, некоторое время движутся по направлению вихревого тока от русла, но затем быстро оседают на дно, т. е. на поверх-

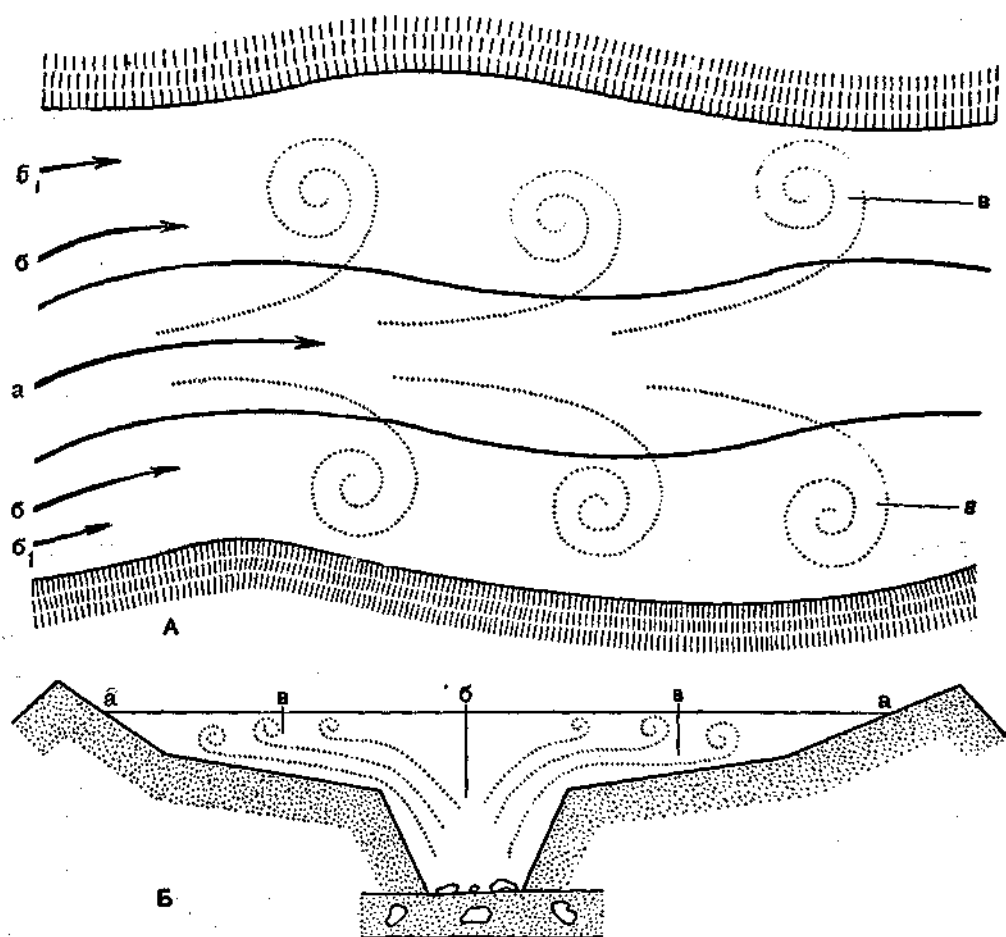


Рис. 69. А. Схема изменения горизонтальных скоростей течения реки при разливе: а — наибольшая скорость по стремени русла; б, б₁ — постепенное уменьшение скорости на бечевнике; в — горизонтальные вихревые (конвекционные) токи. В. Схема вертикальных вихревых токов на разливе: а — уровень разлива; б — стремени реки; в — вертикальные вихревые токи.

ность берега (рис. 69). Особенно много песка заносится таким образом в половодье на берег силой инерции струи после всякого поворота реки. После спада воды весь берег оказывается занесенным песком.

Песок днем быстро высыхает с поверхности, так как быстрое волосное движение воды в нем так же быстро затухает. Днем с реки на сушу беспрерывно дует бриз. Он беспрерывно перекачивает песчинки от русла до тех пор, пока песчинки не встретят препятствия в виде не занесенной песком растительности. У этих препятствий песок сгуживается в холмики с очень пологим откосом и, достигнув гребня у препятствия, сыпается в форме крутого откоса, таким об-

разом, постепенно по всему берегу образуется длинное волнистое возвышение *прирусловых дюн*. Ночной бриз, дующий с берега на реку, не может отнести песок обратно, так как ночью испарение понижено и поверхность песка влажная.

Кроме бризов, по долине реки беспрерывно дует «главный» ветер поймы. Это — господствующий ветер данного района, отраженный от коренных бере-

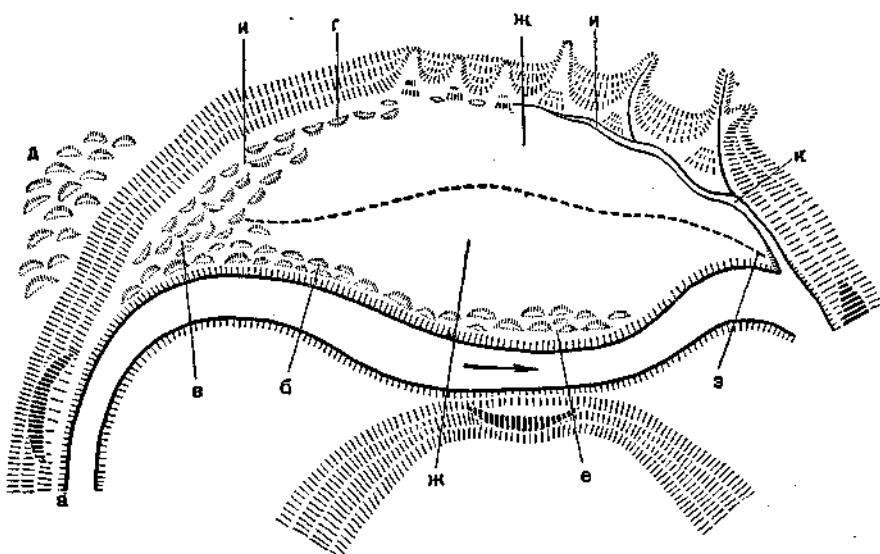


Рис. 70. Схема участков зернистой поймы и ее элементов: а — бечевник; б — прирусловые дюны; в — область наибольшего скопления песков; г — притеррасные дюны; д — притеррасные вздутые пески; е — прирусловая пойма; ж — центральная пойма; з — водоток (талвег) центральной поймы; и — притеррасная пойма; к — притеррасная речка.

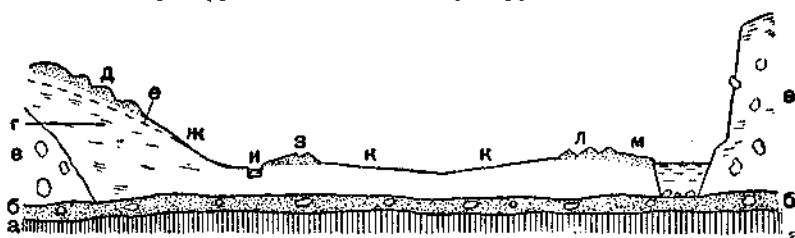


Рис. 71. Схема поперечного разреза верхней части участка зернистой поймы: а — коренная порода; б — нижние аллювиальные пески; в — основная морена; г — делювиальные сносы; д — вздутые пески; е — уровень почвенных вод; ж — постоянные ключи; з — притеррасные дюны; и — притеррасная речка; к — центральная пойма; л — прирусловые дюны; м — бечевник.

гов. Смотря по направлению поворота долины, он дует или по течению реки, или против него. На участке поймы, где ветер дует по течению реки, он разносит песок из области наибольшего скопления его, у поворота реки в начале участка поймы, по длине участка поймы, увеличивая здесь высоту прирусловых дюн. Он же отлагает песок буграми и в виде гряды *притеррасных дюн* вдоль коренного берега, которым отграничивается луговая терраса реки от надлуговой. Наконец, он разносит песок более или менее далеко в глубь участка поймы, образуя область *центральной дюны* (рис. 70).

В том случае, когда главный ветер поймы дует против течения реки, он, перекачивая песок, вздувает его на незаливаемую надлуговую террасу, или на коренной берег реки, образуя область *вздутых притеррасных песков* (рис. 70).

Области поймы. Гряды разнесенных дюнных песков делят весь участок поймы на ряд областей. Мы отличаем область *прирусловой поймы* (пляж) между руслом реки и областью прирусловых дюн. В случае малого развития прирусловой поймы в ширину она называется бечевником. За прирусловой поймой, по другую сторону прирусловых дюн, следует область *центральной поймы*, среди которой иногда развита область *центральных дюн*, непосредственно начинающаяся в области наибольшего скопления песков поймы.

Область центральной поймы отделяется областью *притеррасных дюн* от области *притеррасной поймы*, которая граничит с надлуговой террасой, или с коренным берегом, и постепенно расширяется к нижней по течению части участка поймы.

Так как ветер не только перекачивает песок, но и развевает его мелкие частички, то поверхность центральной поймы у границ прилегающих дюн всегда повышена, и по средней линии ее намечается наиболее пониженная часть — *талweg* (водоток) *поймы*, имеющий, кроме того, общий уклон всей долины реки. Он оканчивается у нижнего по течению реки и низшего по высоте конца прирусловых дюн.

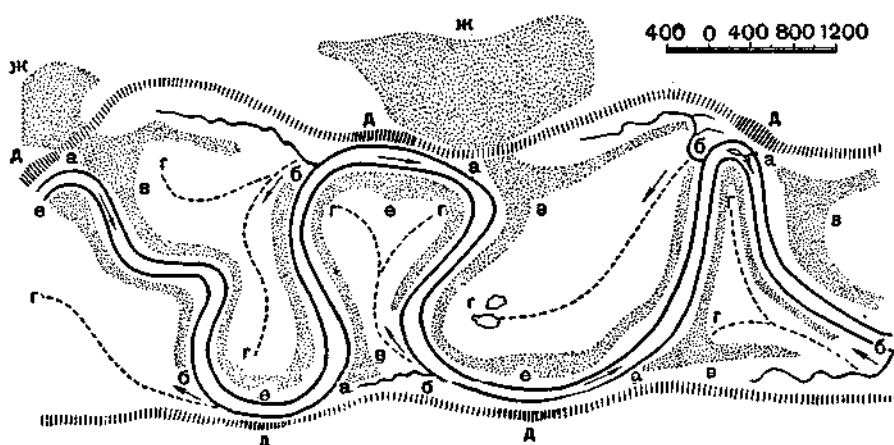


Рис. 72. Схематизированная карта части среднего течения реки Москвы между с. Коломенским и дер. Чагиной: *а* — начальные (высшие) точки участков поймы; *б* — конечные (низшие) точки участков поймы; стрелки показывают направление затопления участков поймы водой половодья; *в* — области наибольшего скопления песков поймы; *г* — линии водотоков участков зернистой поймы; *д* — обрывы подмываемых крутых частей коренных берегов долины реки; *е* — повышения дюнных заграждений против подмываемых участков коренных берегов реки; *ж* — область вдухих притеррасных песков.

Отложения центральной поймы. Вода половодья отличается очень малым содержанием растворенных солей; она представляет почти чистую атмосферную воду, содержащую лишь ничтожное количество азотноаммиачной и углеаммиачной солей. Но зато в ней находится во взмученном состоянии огромное количество веществ. Весной в реку обваливаются толстые слои оползней основной морены подмываемых берегов; летом порода, их образующая, разрыхлилась от высыхания, осенью рыхлые слои напитались водой, которая при замерзании еще больше их разрыхлила.

Делювиальные потоки снеговой воды обмывают всю поверхность почвы бассейна реки, сносят огромное количество тонких элементов почвы и перед впадением в долину реки размывают борозды и овраги, внося в реку массу минеральных и органических элементов почвы и породы.

Кроме того, весенняя вода сносит всю массу накопившихся за зиму экскрементов почти всего животного и людского населения бассейна реки. Эти экскременты состоят из тонко измельченных неусвоенных элементов пищи в тесной смеси с выделениями пищеварительного канала и с огромным количеством

бактерий. Эти вещества в момент выделения их организмами находились в состоянии усиленного разложения, и мороз его только прервал. *Вся масса этих веществ несется в быстром потоке половодья.* В случае облесенного бассейна, когда половодье развивается медленно и продолжается долго, вся притекающая в русло реки вода успевает пройти по руслу, подняв уровень воды в нем не выше гребня дюнных заграждений поймы, и вода половодья вступает в область центральной поймы только через низшую точку тальвега поймы при его впадении в реку. При этом в центральной пойме происходит только подъем воды, заливающий ее против общего уклона поверхности. По наполнении всей области поймы вода на ней остается неподвижной.

При таком порядке поступления поймы воды она, до проникновения в область поймы, должна в значительной мере освободиться от взмученного материала. Прежде всего при переходе воды из русла в область бечевника *оседает весь песок.* Дальше, при переходе от все еще быстрого движения по бечевнику к неподвижной воде, поднимающейся против уклона поверхности центральной поймы, *оседает вся масса пыли,* и по центральной пойме разольется вода, содержащая во взмученном состоянии лишь *глинистые элементы почвы и моренной глины, перегной, органические вещества с богатой флорой бактерий и плавающие тела.* Так как в крайне разжиженных растворах воды половодья все соли находятся в состоянии полной ионизации, то под влиянием катиона аммония атмосферных солей и начавших разлагаться азотистых соединений экскрементов все частички суспензий и коллоидов остаются во взмученном состоянии неопределенно долгое время.

Наступает вторая фаза разлива. До сих пор прибыль воды в реке совершалась под влиянием погоды весеннего антициклона, в реку сбегала лишь талая снеговая вода. Это была первая фаза разлива и она отличалась суточной периодичностью, достигая максимума днем и минимума ночью. Затем надвигается *первый весенний циклон,* падает барометрическое давление, и расширяющийся почвенный воздух выдавливает массу *почвенной воды* из нижних третей склонов по всей линии коренных берегов реки и речных террас, лежащих выше луговой террасы. Это поступление в воду половодья почвенной, или «земляной», воды составляет вторую фазу половодья. Вода в реке вновь поднимается, и уровень ее в отличие от первой фазы *не подвержен суточным колебаниям.*

Вместе с почвенной водой поступает в область поймы большое количество растворенных в воде *двууглекислой извести и апокреновокислого кальция, свободной креновой кислоты и апокрена та закиси железа* из глеевого горизонта нижней трети склона. Вода разлива, имевшая вначале слабощелочную реакцию, приобретает ясную кислую реакцию. Под влиянием кислой реакции и увеличения концентрации солей в воде разлива взмученные в ней мельчайшие частички глины и органического вещества свертываются в хлопья и все вместе в тесной смеси оседают на поверхность поймы в виде рыхлого объемистого осадка.

Вследствие этого вода поймы осветляется и при падении уровня воды в реке медленно стекает с поверхности, увлекая за собой осадок лишь у самого устья тальвега, где она приобретает значительную скорость.

В тех случаях, когда первый весенний циклон запаздывает и вода в реке спадает при погоде антициклона, разлив не оставляет на пойме никакого осадка.

Почвы и луга зернистой поймы. После схода воды с поверхности поймы объемистый осадок начинает быстро высыхать. Объем осадка сильно уменьшается, осадок растрескивается на многогранные отдельные и, кроме того, расслаивается на горизонтальные слои (рис. 73). Вследствие медленности волочного движения в наалке при высыхании обособляются слои разной влажности, по-разному уменьшающиеся в объеме. *Вскоре весь осадок распадается в горизонт мелких комков в 2—3 мм в диаметре.*

При такой структуре вся толща слоя *зернистой поймы* будет находиться в лучших аэробных условиях. При благоприятных условиях влажности долины реки и изобилии содержащегося в комках органического вещества на по-

верхности комков начнется бурный аэробный бактериальный процесс, который обусловит анаэробизм внутри комка, при этом создадутся наилучшие условия образования прочной структуры комков. Встречаются комки зернистой поймы, которые не разрушаются при двенадцатичасовом кипячении с водой.

В данных условиях наличие минеральных форм зольной и азотной пищи растений будет обеспечено в самой благоприятной мере. Поэтому, как только наступят соответствующие условия температуры, побеги растительности, погребенной рыхлым комковатым слоем, быстро проникнут через него и начнут усиленно развиваться в стебли. После того как зацветут стебли первого поколения или после укоса, из их узлов кущения с новым наносом начнут развиваться подзем-



Рис. 73. Корка напла на берегу старицы р. Клязьмы
(фото М. Григорьева).

ные побеги стеблей будущего года и в том же году дадут, в зависимости от времени первого укоса, или второй укос, или отаву.

Состав растительной группировки зернистой поймы ясен. Она состоит исключительно из *корневищевых* злаков: лисохвоста (*Alopecurus pratensis* L., *A. ventricosus* Pall.), белой полевицы (*Agrostis alba* L.), водяного пырея (*Beckmannia erucaeformis* L.), лугового мятлика (*Poa pratensis* L.), безостого костра (*Bromus inermis* Leysser), пырея (*Agropyrum repens* P. Beauv.) и др. На этих лугах всегда отсутствуют бобовые и деревянистая растительность. Самое важное свойство этих лугов то, что они не заболачиваются. Причина этого заключается в том, что в почве этих лугов всегда имеется обильное количество минеральных усвояемых форм зольной и азотной пищи растений, ежегодно возобновляемое разливом, и дерновый период почвообразовательного процесса никогда не выходит из своей корневищевой фазы.

Накопление мертвого органического вещества, вообще нерезко выраженное в корневищевой стадии, совершенно затупевывается ежегодным наносом минерального вещества половодья.

Постоянное присутствие органического вещества в нижних горизонтах почвы зернистой поймы вызывает их быстрое оглеение, а под давлением верхних горизонтов всегда влажный пластичный глей принимает характерную структуру граненых комков. Под влиянием массы органического вещества процесс оглеения распространяется и на всю толщу нижних аллювиальных песков, придавая им белую окраску, которой они отличаются от желтой окраски окисью железа, характерной для нижних диллювиальных песков.

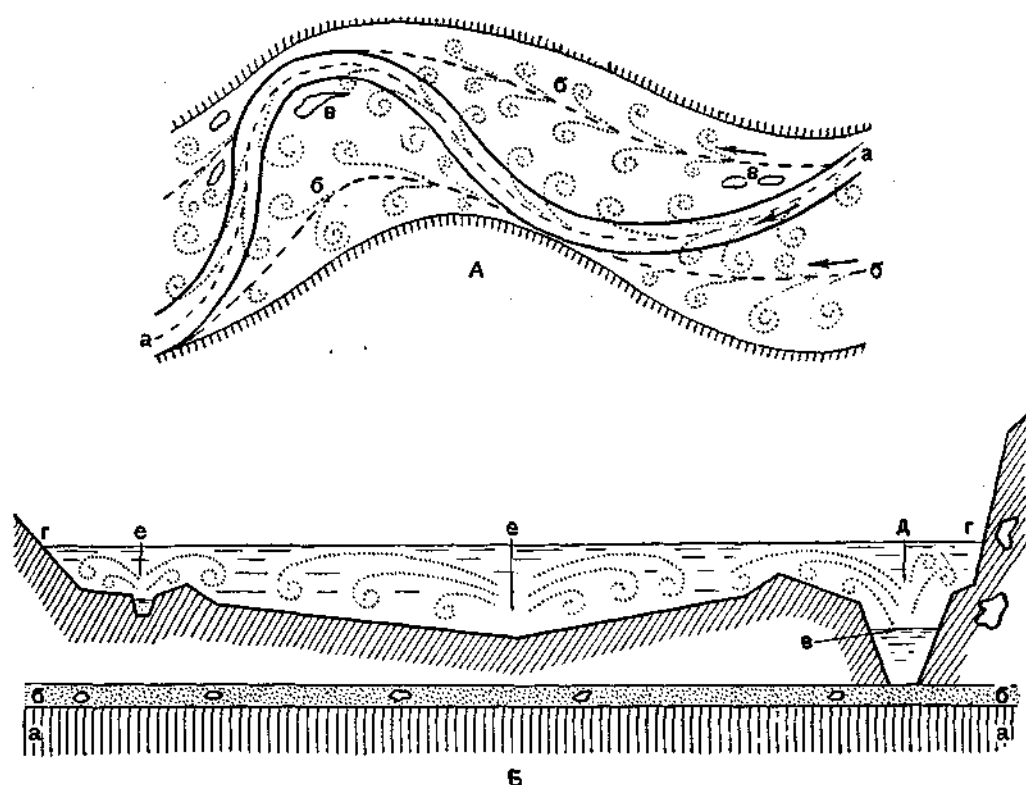


Рис. 74. Слоистая пойма. А. Схема развития горизонтальных вихревых токов в главном и второстепенных течениях: а — главное стремя реки; б — вторичные течения реки; в — незаливаемые области донных заграждений реки. Б. Схема развития вертикальных вихревых токов: а — коренная порода; б — нижние аллювиальные пески; в — меженный уровень реки; г — уровень разлива; д — главное стремя; е — вторичные течения.

Почвы и дуга слоистой поймы. Как только бассейн реки утратит свой лесной покров, характер процесса проникновения полой воды в область центральной поймы меняется.

При стремительном притоке делювиальных потоков в русло вода быстро поднимается выше уровня прирусловых дюн, проникает в область бугристых песков поймы, прокладывает себе путь к тальвегу поймы и заливают всю поверхность поймы за исключением высоких гребней дюн.

При вступлении в область поймы вода разлива освобождается от массы песка, который она откладывает в головном конце области бугристых песков поймы. По поверхности поймы вода течет широким потоком, шириной во всю пойму. Наибольшая глубина потока расположена по тальвегу поймы. В обе стороны от этой линии глубина потока постепенно уменьшается. Вместе с тем уменьшается и скорость течения воды, и вследствие этого по обе стороны таль-

вега откладываются две длинные гряды пылеватых элементов (рис. 74). При повторении подобного процесса из года в год вся поверхность центральной поймы приобретает вид ряда отдельных *грив*, приблизительно параллельных руслу реки. Понижения между гривами называются *логами*, и если лог или несколько логов пересекаются вновь образовавшейся гривой, то в них остается вода разлива, и они тогда называются *старницами*, или *старыми руслами*.

Часто река под влиянием загромождения русла ледяными заторами промывает себе *новое русло* по какому-нибудь логу и продолжает свое течение по новому руслу и после спада вод. Тогда *прежнее русло* обращается в *настоящую старницу*. Этот процесс особенно сильно выражен на слоистой пойме рек Средней Азии и Закавказья.

Осадок, откладывающийся при новых условиях на поверхности поймы, не имеет ничего общего с осадком зернистой поймы. Все частички глины, перегноя, мелкораздробленного органического вещества уносятся текущей водой, и на поверхности поймы отлагаются только пылеватые частички и неразрушенные органические остатки.

Пылеватый осадок ложится плотным бесструктурным слоем, и побеги погребенной растительности долго пробиваются через него. Тем временем прорастают семена растений, нанесенные водой, и пойма покрывается всходами *разнотравья*. Такая пойма называется *слоистой*, так как она состоит из резко заметных параллельных слоев пыли, разделенных прослойками сохраняющегося в условиях анаэробнозиса органического вещества погребенной дернины.

Пищевой режим в новом осадке пыли очень суров. Весь запас пищи слоистой поймы заключается только в принесенных водой *органических остатках* и в мертвом органическом веществе *погребенной дернины*. Все количество пыли состоит из кварца и кремнезема с редкой примесью листочков слюды. Плотный влажный слой пыли содержит только волосные промежутки, и поэтому в нем преобладают анаэробные условия.

Элементы зольной и азотной пищи в слоистой пойме доступны только *микотрофным растениям*, и так как органические остатки в пыли наноса рассеяны сравнительно редко, то на слоистой пойме всегда присутствуют *деревянистые растения*. На слоистой пойме всегда в изобилии растут *кусты ивняка*, часто встречаются *леса дужной ивы, тополя и осины*. Очень распространены на такой пойме *светлые дубовые рощи*.

Без участия бобовых питание и развитие злаковой флоры было бы неосуществимо, вследствие преобладания в условиях слоистой поймы анаэробного и грибного процессов. Поэтому в флоре слоистой поймы богато представлены *деревянистые бобовые*, дрок (*Genista tinctoria* L.), ракитники (*Cytisus biflorus* L'Herit), стальник (*Ononis spinosa* L.), а также травянистые бобовые, желтая люцерна (*Medicago falcata* L.), чина (*Lathyrus pratensis* L.), астрагал (*Astragalus hypoglottis* L.), донники (*Melilotus dentatus* Pers., *M. albus* Desr.), клевера и др. Бобовые представлены в таком изобилии, что весной во время их цветения вся пойма окрашивается в яркожелтый цвет.

Флора злаков слоистой поймы чрезвычайно разнообразна. Рельеф этой поймы волнистый, разница высот грив и логов может достигать 4—6 м. Проницаемость пыли ничтожна, волосное движение воды сильно затрудняется прослойками органического вещества погребенной дернины. Поэтому разница увлажнения грив и логов может достигать крайних пределов. В связи с этим на слоистой пойме не встречается ровной поверхности роскошного луга, подобного зернистой пойме. Луга слоистой поймы представляют чередование полос трех основных форм, лугов высокого, среднего и низкого уровней.

«Горбы» грив заняты *лугами высокого уровня*, составленными скудными кустами микотрофной овечьей овсяницы (*Festuca ovina* L.) и жидким разнотравьем, часто не сплошь покрывающим поверхность почвы. Это — *пастбища*, а не луга.

Склоны грив заняты *лугами среднего уровня*, растительность которых постепенно улучшается по мере приближения к подошве склона, вследствие увеличе-

ния притока и воды, и пищи, смываемых с поверхности почвы грив. Отличие растительности этих лугов от флоры зернистой поймы было указано выше.

Широкие лога заняты *лугами низкого уровня*, состоящими главным образом из корневищевых злаков с хорошо развитой аэренхимой. В почве лугов, где ток воды отлагает мало минеральных веществ, идет процесс накопления мертвого органического вещества, но благодаря обильному притоку элементов пищи со склонов дерновый процесс здесь также редко выходит из корневищевой стадии (рис. 75).

Так как вся огромная территория СССР последовательно прошла через все стадии почвообразовательного процесса, начиная с тундры, то очевидно, что *всюду, где в настоящее время отлагается слоистая пойма, она, как правило, залегает на зернистой пойме*. И действительно, это всюду подтверждается, и можно принять за правило, что *всегда слоистая пойма залегает на зернистой, а последняя подстилается нижними аллювиальными песками, т. е. поддонной мореной*.

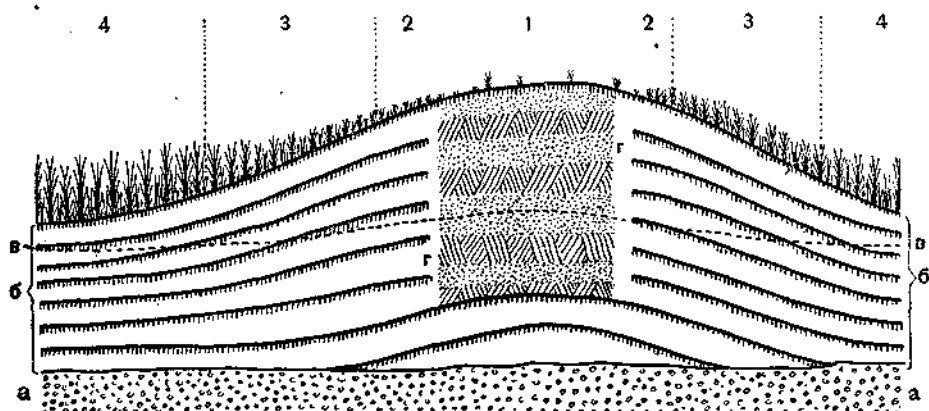


Рис. 75. Луга слоистой поймы: а — погребенная зернистая пойма; б — слоистые аллювиальные наносы; в — уровень почвенно-грунтовой воды; г — перевесные наносы горбов; 1 — выгоны горбов; 2 — луга высокого уровня; 3 — луга среднего уровня; 4 — луга низкого уровня.

В этом отношении не представляют исключения даже наши самые южные реки Сыр-Дарья, Аму-Дарья, Мургаб, Балх, Кура и Аракс. Не исследованы в этом отношении реки тундры.

В совершенно исключительных условиях притока воды и элементов пищи находится область притеррасной поймы.

Почвообразование в области притеррасной поймы. Притеррасная пойма занимает область участка поймы, ограниченную коренным берегом или надлуговой террасой с одной стороны и областью притеррасных дюн — с другой. Она имеет обыкновенно форму более или менее косого, расширенного у основания треугольника (рис. 76 и 77).

Вершина треугольника на плане лежит или близ области скопления бугристых песков поймы, или, если последняя не выражена, близ области вздутых притеррасных песков. По мере уменьшения высоты притеррасных дюн область притеррасной поймы постепенно расширяется до тальвега поймы и им ограничивается до конца участка. На участках слоистой поймы эта область занимает все понижение между коренным берегом и ближайшей к нему гривой, причем это понижение обыкновенно расширяется в своей нижней по течению реки части.

Кроме *атмосферной воды*, выпадающей на поверхность притеррасной поймы, к ней притекают и все количество *делювиальной воды* с тяготеющего к этой части поймы бассейна коренного берега долины реки, затем *делювиальные потоки* из областей вздутых песков, бугристых песков поймы и притеррасных дюн. Те же

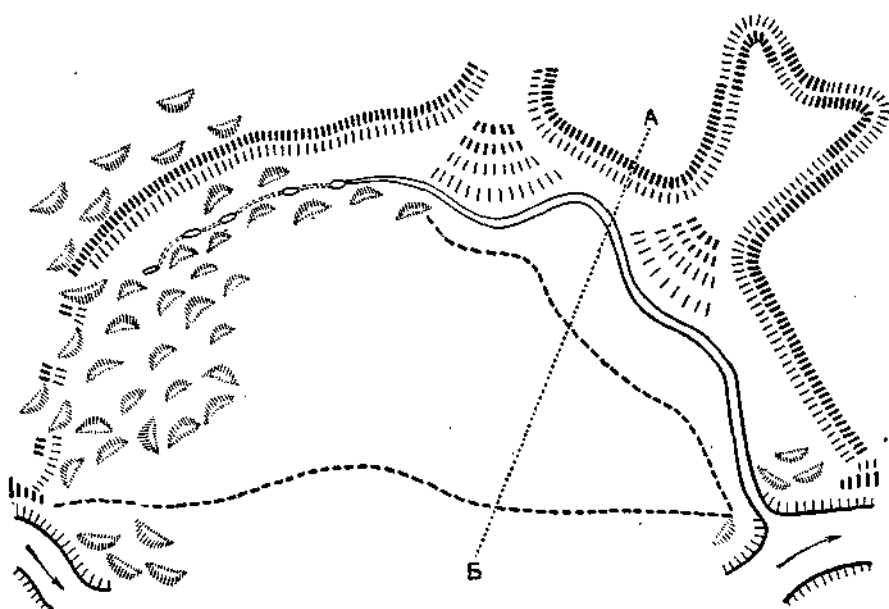


Рис. 76. Схема притеррасной области зернистой поймы (обозначения см. на рис. 70).

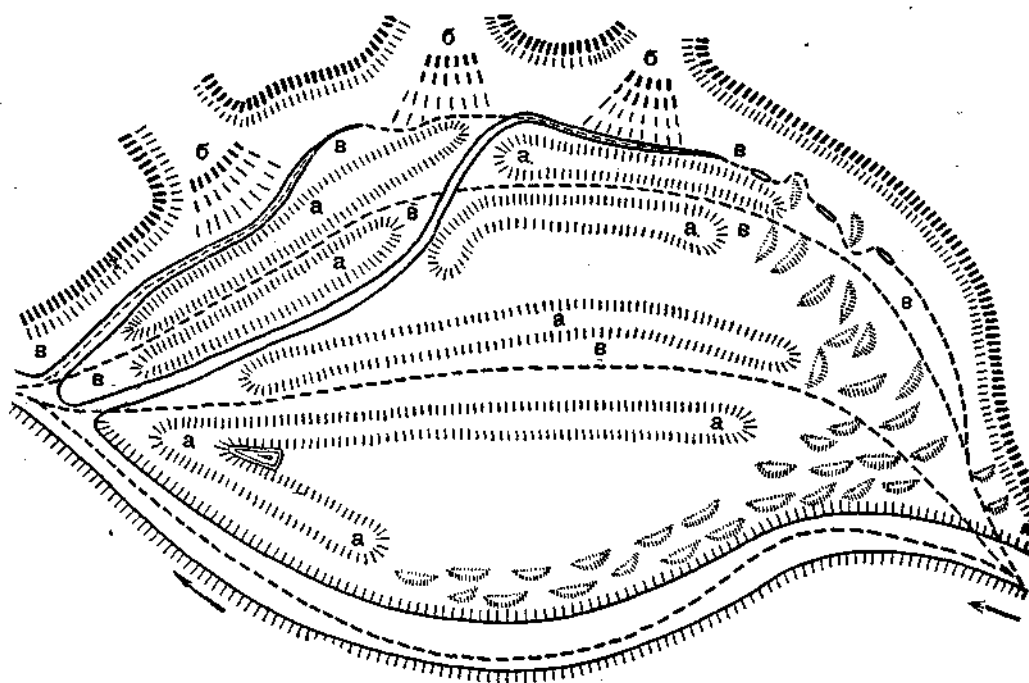


Рис. 77. Схема притеррасной области сложной поймы: а — гривы; б — овражные выносы; в — возможные русла блуждания реки.

области проводят в притеррасную пойму и все количество вытекающих из них почвенных вод (рис. 76—78).

Наконец, главный источник притока воды в долинах рек первого порядка — грунтовая вода, которая под гидростатическим давлением проникает сюда восходящим током из горизонта нижних дилuviальных песков. Причина проникновения

грунтовых вод в притеррасную область поймы заключается в следующем. Когда освободившаяся от ледника поверхность страны еще не успела покрыться растительностью, делювиальные процессы были, повятно, развиты сильнее, чем в последующие периоды. Делювиальные сносы проникали в долину реки по всей береговой линии, где струя делювиальной воды еще сохраняла по инерции значительную скорость, которая затем быстро падала, когда вода разливалась по широкой долине. Поэтому у подножия склона коренного берега оставался только более крупный песок, более мелкие элементы относились дальше. С течением времени вся остальная поверхность заносилась более мелкими осадками и аллювиальными отложениями, и остались только две полосы свободного выхода грунтовой воды — русло реки и полоса у коренного берега, заполненная крупным безвалунным песком, большинство промежутков в котором неволосяные. В других осадках поймы величина гидростатического давления уравнивалась волосным сопротивлением почвы (рис. 78).

Вследствие такого обильного притока воды в притеррасной пойме рек первого порядка обыкновенно протекает так называемая *притеррасная речка*, иногда

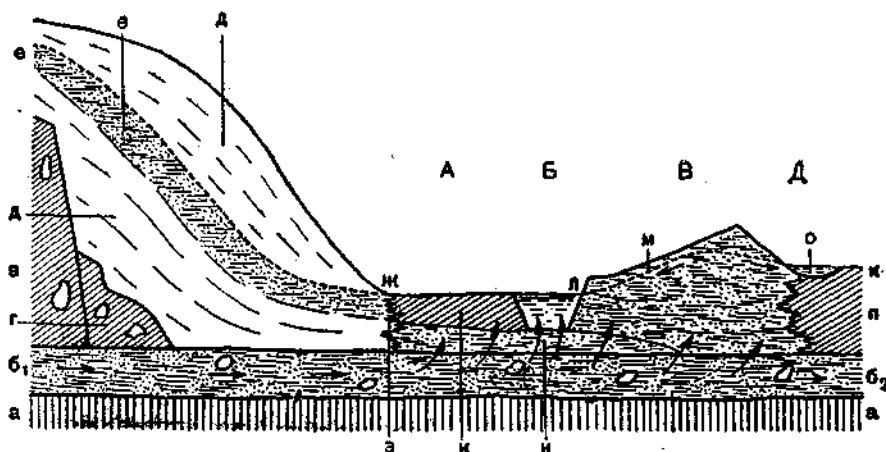


Рис. 78. Схематический разрез притеррасной области зернистой поймы (по линии АБ рис. 76): а — коренная порода; б₁, б₂ — поддонная морена; б₁ — нижние валунные делювиальные пески; б₂ — нижние валунные аллювиальные пески; в — обрыв основной морены; з — оползни; д — делювиальные сносы $\frac{2}{3}$ склона; е — горизонт почвенной воды, притекающей с надпойменной террасы; ж — постоянные ключи почвенной воды; и — выклинивающиеся делювиальные сносы; и — безвалунный пльвуна; к — торф ключевой топи; л — переменные ключи; м — уровень почвенной воды притеррасных дюн; н — поверхность центральной поймы; о — зернистый рудник и «чугунные» почвы; п — зернистая пойма. Стрелки обозначают ток грунтовой воды; А — область притеррасной поймы; Б — притеррасная речка; В — область притеррасных дюн и Д — область центральной поймы.

принимая притоки, стекающие по прилегающим долинам. Так как в ту же область впадают обыкновенно и овраги, притеррасная речка извивается, обходя конусы овражных выносов. Притеррасная речка часто с перерывами начинается бочагами близ области бугристых и вздутых песков поймы и впадает в реку по нижнему концу тальвега поймы (рис. 78).

Притеррасная речка течет по крупнопесчаному дну, из которого во многих местах пробиваются ключи грунтовой воды, поддерживающие чистоту дна. Песок, подстилающий всю область притеррасной поймы, обладает свойствами пльвуна, т. е. он быстро заполняет выкопанную яму до постоянного уровня и выплывает из откоса. Область его распространения определяет собой и величину области притеррасной поймы. В случае сильного развития пльвуна бывает также сильно развит на коренном берегу и отвечающий ему элювий в виде мощных залежей гравия.

Отложения притеррасной поймы. Притекающая в область притеррасной поймы вода обильно снабжает эту область элементами пищи растений. Все, что вымывается из бассейна, тяготеющего к участку поймы, проходит через притеррасную область поймы.

Кроме обычных солей элементов пищи растений, в область притеррасной поймы проникают и иные вещества. Если бассейн обильно облесен, сюда проникают растворимые в воде формы кремневой кислоты. В случае, когда бассейн покрыт основной мореной, богатой карбонатными породами, сюда в изобилии притекает раствор уголекислой извести.



Рис. 79. Разрез кочег осок притеррасной поймы (из почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

Когда нижние трети прилегающих склонов покрыты лугом, под покровом которого резко выражен анаэробный процесс, то, как это изложено выше, в почве сильно развивается глеевый горизонт. Это развитие может захватить и горизонт орштейна, обращая апокренат окиси железа в апокренат закиси железа. Последняя соль легко растворима в воде и может быть полностью выщелочена. Поэтому рудяк, отлагающийся в изобилии в третьей трети склона, в этом случае из железного рудяка обращается в горизонт скопления ульминовой кислоты, спутника анаэробного разложения, образуя перегнойный или «гумусовый» орштейн. А растворенный апокренат двухвалентного железа выщелачивается в область притеррасной поймы. Последняя соль, как и все соли двухвалентного железа, представляет чрезвычайно сильный яд для высших растений.

Кроме всего этого, грунтовая вода, притекающая под напором через горизонт безвалунного песка-члывуна, отличается полным отсутствием растворенного кислорода воздуха.

Изобилие притекающих минеральных веществ вносит несколько характерных черт в ход развития почвообразовательного процесса рассматриваемой области. Чаще всего сказывается наличие избытка раствора двууглекислой извести. Как только раствор ее в виде избыточных у подножия террасы ключей выступает на поверхность почвы, он согревается на более теплом по сравнению с почвой воздухе, часть угольной кислоты выделяется, и тотчас же

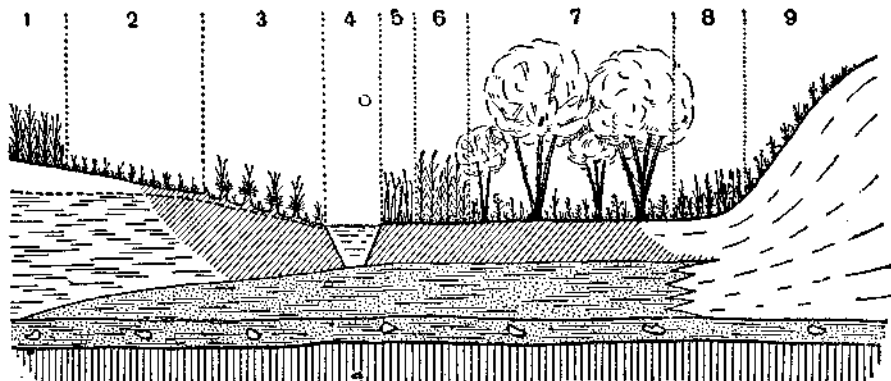


Рис. 80. Схема последовательного расположения растительных группировок притеррасной поймы: 1 — злаки центральной поймы; 2 — мелкие осоки; 3 — крупные осоки на высоких кочках; 4 — притеррасная речка и плавающие растения; 5 — камыши; 6 — тростник и бактериотрофные корневищные злаки; 7 — ольховая топь; 8 — бактериотрофные корневищные злаки; 9 — белоус.



Рис. 81. Папирусовое (*Cyperus papyrus*) болото в Уганде (Центральная Африка) (фото В. Селла из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 2).

соответствующая часть уголекислой извести оседает в форме тонкого порошка. Далее раствор бикарбоната кальция омывает зеленые части растений, они поглощают оставшуюся уголекислоту, и оставшая часть уголекислой извести оседает на зеленых частях растений, образуя известковый туф, в котором без труда можно узнать отпечатки мхов и листьев злаков и осок. Образуется так называемый луговой известняк, аморфный или туфовидный, часто содержащий в изобилии

раковины моллюсков, привлекаемых в эту область богатством известью их пищи. Часто залежи луговой извести, или известняка, достигают мощности нескольких метров. Обыкновенно луговые известняки, или мергели, содержат и апокренат извести. Часто луговой туф бывает окрашен в коричневый цвет ульмином.



Рис. 82. Тропическая топь во Французской Гвиане (Южная Америка) (фото К. Лайонса из Asia, Vol. 25, № 2).

Вторая особенность проявляется, когда к притеррасную пойму притекает закисная железная соль апокреновой кислоты. Она служит основанием для развития целой группировки железобактерий, которые окисляют закисную соль железа до крайней степени окисления железа, окисной железной соли железной кислоты (закись-окись железа), образующей частью мощные залежи охры. Вероятно, и соли марганца принимают участие в этом процессе, обуславливая темные почти вишневого, цвета охры.

Приток растворимой кремневой кислоты служит основанием для развития микрорастительной группировки диатомовых водорослей, которая отлагает толстые слои своих мертвых панцирей в форме залежей инфузориальной земли или пресноводного трепанга (диатомита).

Выщелачивание восстановленного коллоидального осадка апокрената трехвалентного железа мешает защитит от рас-

творения отложенный в рудяковом горизонте фосфат кальция. Он растворяется в воде, содержащей углекислоту, и вносится в ту же область, и в ней обменной реакцией с апокренатом закиси железа обращается в фосфорнокислую закись железа, *вивианит*, залежи которого нередко достигают метровой толщины; одновременно откладывается апокренат кальция.

В обстановке постоянного притока закисной соли железа и грунтовой воды, лишенной кислорода, высшие растения притеррасной поймы должны обладать приспособлением к своеобразным условиям среды.

Этим условиям отвечают те автотрофные корневищевые злаки с сильно развитой аэренхимой, о которых уже упоминалось. Микотрофизм здесь был бы излишен ввиду изобилия растворимой минеральной пищи. Не только злаки, но и другие обитатели этой области обладают сильно развитой аэренхимой, как это видно, например, на цикуте (*Cicuta virosa* L.) с ее воздушными полостями в корнях.

Вокруг корней этих растений, в так называемой ризосфере, а также и вокруг их корневищ, например у тростника (*Phragmites communis* Trin.), серая оглеенная почва бывает окрашена в красный цвет окисью железа. Когда растворимая соль железа представляет апокренат закиси железа, то она окисляется вновь в апокренат окиси железа, который в виде трубок рудяка облекает корни и корневища, образуя каменные трубки, сохраняющиеся надолго в делювиальных глинах этой области. Эти глины известны в керамике под названием «глины с трубочкой». Когда в ризосфере таких корней поселяются группировки железобактерий, вокруг корней образуется охра.

Притеррасная ольховая топь. Вся упомянутая флора развивается на делювиальном шлейфе коренного берега, или надлутовой террасы.

Так как в эту область поймы под гидростатическим напором снизу непрерывно притекает грунтовая вода, лишенная кислорода воздуха, то в почве притеррасной поймы создаются условия абсолютного анаэробно-озиса, и здесь развивается притеррасная, или ольховая, топь, или так называемое «ключевое болото».

Отлагающееся здесь в огромном количестве мертвое органическое вещество, вследствие подпора воды, никогда не ложится плотно, а всегда поддерживается в полуплавающем состоянии, образуя непроходимую топь. Вся растительность, главным образом крупные осоки, развивается в виде кочек, достигающих часто метра в высоту (*Carex caespitosa* L., *C. paradoxa* Willd.). Ольха и ива, составляющие главный покров этих топей, также развиваются на кочках. Растительность



Рис. 83. Корни черной ольхи с клубеньками бактерий, усваивающих свободный азот (из почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

таких лесов вследствие изобилия притекающей пищи представляет непролазную чащу (рис. 80).

Притеррасная топь, несмотря на очень значительное ежегодное накопление отмирающего органического вещества, однако, не растет ввышину (рис. 80). Бесперывный восходящий ток грунтовой воды, лишенной кислорода, промывает

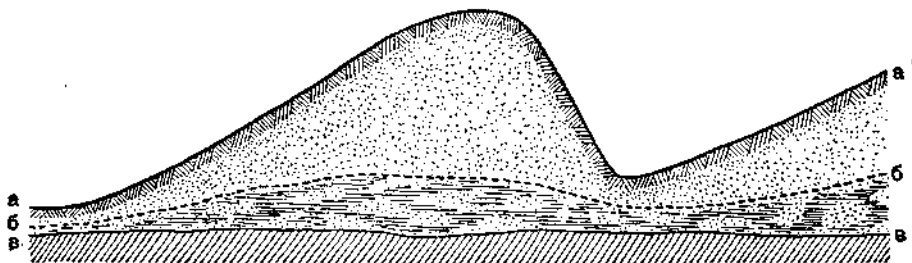


Рис. 84. Схема уровня почвенных вод в бугристых песках: а — поверхность почвы; б — уровень почвенных вод; в — поверхность почвы поймы.

снизу всю накапливающуюся ульминовую кислоту и выносит ее в реку. Даже зимой не накапливается ульмиз, так как ни притеррасная топь, ни притеррасная речка не замерзают: их температура поддерживается на постоянной высоте притоком грунтовой воды. В этих условиях идет *сильное разложение богатого золой торфа*, и он всегда представляет черную землистую массу с крупными остатками недавно отмершей травянистой растительности и с корой и корнями ольхи с клубеньковыми бактериями, усваивающими свободный азот (рис. 83). Овражный торф представляет частный случай притеррасного торфа.

Расширенная, нижняя по течению реки часть притеррасной поймы не отличается столь обильным притоком пищи, но условия удаления ульминовой кислоты также хорошо выражены, и эта область отличается лишь более слабым развитием растительности, преимущественно тростника и осок.

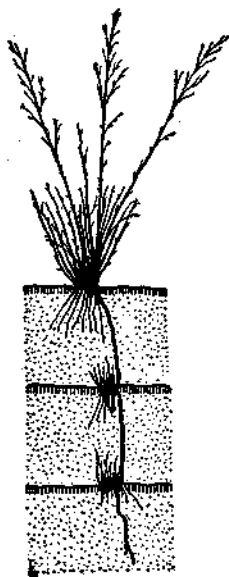


Рис. 85. Схема развития ложных корней микотрофного злака в последовательно наносимых ветром слоях песка.

Песчаные области поймы. Песчаные области поймы и вздутые пески отличаются от песчаных областей водоразделов тем, что пески их совершенно отмыты от частичек глины и отсутствует грубый ветровой элювий, характерный для котловин выдувания водоразделов. Все эти области объединяются докучаевским понятием «бугристые пески». Пищевой режим песков очень схож с пищевым режимом слоистой поймы. Главный запас зольных элементов заключается в рассеянных в массе песка *органических остатках*. Поэтому на них господствует микотрофная флора, исключительно деревянистая растительность с чрезвычайно развитой в глубину корневой системой, преимущественно сосна. В области наибольшего скопления песков поймы она часто замещается дубом.

Под светлыми дубовыми лесами поймы покров травянистой растительности хотя и довольно скуден, но обыкновенно разнообразен. Зато под пологом сосны, на так называемых «*боровых песках*», он чрезвычайно беден и однообразен, состоя из редких корневищевых злаков, преимущественно вейника (*Calamagrostis epigeios* Roth.) и зубровки (*Hierochloë odorata* Wahlbg.), из дрока (*Genista tinctoria* L.) и вереска (*Calluna vulgaris* Salisb.); но главную массу покрова составляет олений лишайник (*Cladonia rangiferina* L.), который, как снег, покрывает



Рис. 86. Четыре последовательных яруса развития узлов кушения микотрофных щупки (А) и овсяницы (Б) в слоях наносимого ветром песка (гербарий Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

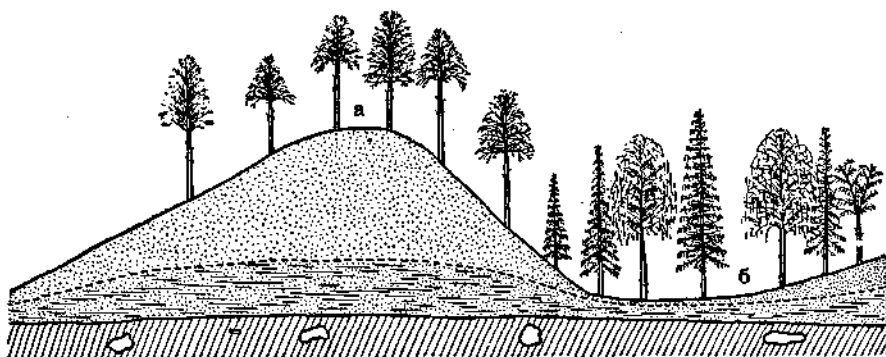


Рис. 87. Схема распределения боров и смешанных лесов по рельефу бугристых песков: а — боровые бугристые пески; б — смешанные елово-лиственные леса в понижениях между бугристыми песками.

почву и представляет большую опасность в пожарном отношении во время летней засухи.

Что касается водного режима, то пески резко отличаются от слоистой поймы. В песках почти не развита волосность, но в чрезвычайной степени развита проницаемость. Поэтому делювиальные потоки почти совсем не развиваются на бу-

гристых песках, но в них в *резкой степени* выражено движение почвенной воды, которое отличается большой порывистостью.

Каждый дождь, не удерживаемый скудной подстилкой светлых лесов песчаных областей, вызывает быстрый нисходящий ток воды, промывающий всю толщу песка, и уровень почвенной воды в бугристых песках мало отличается от горизонтальной поверхности. Так как пески всюду залегают на породах с значительной волосностью и притом пески, как ветровой нанос, всегда залегают ненормально, т. е. без постепенного перехода, то, достигнув подстиляющей породы, вода прекращает нисходящее движение и направляется во все стороны к периферии песчаной области, преимущественно по уклону поверхности подстиляющей породы.

Вследствие этого разница уровней почвенной воды на повышениях и понижениях песчаных областей может достигать очень значительной величины (рис. 84).

Вода, промывающая бугристые пески, содержит значительное количество свободной креновой кислоты. Причины этого понятны. Скорость движения воды большая, и порода содержит ничтожное количество соединений, могущих усреднить креновую кислоту. Количество этих соединений ограничивается почти исключительно теми солями, которые выделяются при распаде лесной подстилки. Последняя очень богата содержанием железа, которое проникает в корни деревьев при разрушении микоризой апокрената железа, содержащегося в изобилии в почве поймы, подстиляющей пески. Зола деревьев, выросших на этих песках, всегда окрашена в желтый или даже красный цвет.

В промежутки между дождями, когда через почву не промывается свободной креновой кислоты и грибной процесс в подстилке подавлен ее сухостью, аэробные бактерии, изобильные в этих проницаемых породах, разрушают креновую кислоту крената железа, единственного источника энергии для них, и в массе песка отлагаются соединения окиси железа, облекающие частички песка. Белые пески быстро обрастают в желтые. В прослойках мелкого песка, нанесенного слабыми ветрами, могут образоваться условия анаэробнозиса вследствие задержания волосной воды, и здесь могут отлагаться песчаные ортштейны, ортзанды.

Микотрофная растительность (злаки) следует за уровнем наносимого песка (рис. 85 и 86), быстро развивая ложные корневища. Промываемая через пески креновая кислота, просачиваясь по периферии песчаной области в почву зернистой поймы, обуславливает в ней проявление подзолообразовательного процесса, и под слоем поймы обособляется *мощный горизонт рудяка*, который на зернистой пойме всегда бывает также зернистым. Ортштейны западин водоразделов представляют частный случай этого явления.

В понижениях между буграми почвенная вода всегда содержит свободную креновую кислоту. Горизонт почвенной воды здесь постоянен и залегает неглубоко. Поэтому древесные породы с глубокими корнями замещаются здесь породами с неглубокими корнями, и понижения покрываются еловыми, березовыми или осиновыми лесами (рис. 87), последние в черноземной полосе называются «гаями».

Вследствие малого притока элементов нищи дерновый период процесса здесь быстро достигает болотной стадии своего развития.

ПРИРОДНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДЕРНОВОГО ПЕРИОДА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ. ЧЕРНОЗЕМ

Чернозем и климат. — Взаимоотношения климата с растительностью и почвами. — Климат тундры и почвообразование. — Лес изменяет климат тундры. — Абсолютный и относительный возраст почв в связи с климатом. — Отмирание и размыв торфяных болот. — Развитие северных черноземов из болот на алюмосиликатной морене. — Северные черноземы склонов и долин. — Признаки черноземов горных, долинных и склонов. — Черноземы на разных почвообразующих породах. — Почвообразование под лесом на карбонатной морене. — Почвообразование под лугом и луговой степью на карбонатной морене. — Почвообразовательный процесс на пермской морене. — Лес на пермской морене. — Тучные черноземы. — Лесостепь области пермской морены. — Черноземы области смешанной морены. — Ложные солонцы.

Говоря о черноземе, обыкновенно предполагают, что имеется в виду вполне определенное образование, обладающее четко обрисованным комплексом свойств и признаков. Когда Докучаев работал над своим классическим исследованием о русском черноземе, *под черноземом разумелись почвы, содержащие большое количество аморфного перегноя и отличающиеся типичной структурой.*

Чернозем и климат. Станным образом рядом с понятием о динамическом процессе почвообразования могло ужиться и сохраниться метафизическое представление об извечном существовании степи, создавшей тот комплекс условий, который привел к обособлению типа черноземных почв.

Тогда же подразумевалось, что образование чернозема есть функция климатических условий, в которых он залагает в настоящее время. Проф. П. С. Коссович приводит несколько таблиц, характеризующих элементы климата областей распространения чернозема. Я дам таблицу предельных колебаний этих величин, составленную Коссовичем для пятнадцати мест Евразии и Америки.

Из рассмотрения этой таблицы становится совершенно ясным, *что нельзя говорить о каком-либо климатическом поясе, отвечающем зоне чернозема.* Из нее можно вывести только одно заключение, что чернозем пользуется распространением чуть не от полюса холода и почти до экватора. И действительно, мы находим чернозем в недалеком расстоянии от Якутска и в Индии.

Под понятием о зоне мы разумеем пояс поверхности земного шара, приблизительно параллельный кругам *широты.* Эта параллельность, правда, очень приблизительно, выдержана на старом континенте, но на американском «зона» чернозема обнаруживает стремление к параллелизму с *меридиональной* цепью гор.

Утверждение о зональности распространения чернозема — такой же пережиток старого метафизического почвоведения, как и современное этому взгляду мнение, что чернозем приурочен к лёссу. Мнение, которое было совершенно опровергнуто Докучаевым, доказавшим, что чернозем развивается на всякой (*«все равно какой»*) почвообразующей породе.

Вышеприведенные выводы из таблиц Коссовича заставляют признать, что чернозем может развиваться во всяком климате.

Проф. П. А. Костычев привел пример того, насколько сложно понятие о сухости или влажности климата и насколько осторожно нужно обращаться с этими понятиями, зависящими не только от элементов, учитываемых метеорологией, но и от характера почвенного и растительного покровов и от рельефа страны.

Все эти элементы находятся в одновременной зависимости и от широтных элементов климата и от почвенного возраста страны. *Поэтому они подчиняются основному закону развития, взаимно относясь друг к другу одновременно и как причина к следствию, и как следствие к причине.*

Периоды	Температура			Осадки (мм)		
	минимум	максимум	процент превышения	минимум	максимум	процент превышения
Январь	-20,8	-1,4	1 386	6,6	39,0	491
Февраль	-18,3	0,8	2 388	3,9	34,0	772
Март	-10,3	5,0	306	9,8	46,0	365
Апрель	0,0	11,7	1 170	11,4	56,0	391
Май	10,5	16,9	61	28,8	109,0	278
Июнь	15,9	20,7	30	37,1	93,0	151
Июль	19,0	23,4	23	40,6	120,0	196
Август	15,8	22,1	40	30,6	73,6	141
Сентябрь	9,6	17,1	78	24,4	57,0	134
Октябрь	0,8	11,6	1 350	20,7	40,0	93
Ноябрь	-9,1	4,4	307	11,6	74,0	538
Декабрь	-19,5	-0,3	6 400	11,0	53,0	382
Год	- 0,1	10,7	10 800	291,9	632,0	217
Зима	-19,5	0,3	6 600	26,1	120,0	360
Весна	0,1	11,3	11 200	52,1	196,0	276
Лето	16,9	22,0	30	108,3	281,0	159
Осень	0,5	11,0	2 100	59,3	131,0	121

В таблице для восьми различных мест Союза ССР и одного Польши приведены главные элементы, характеризующие сухость или влажность климата, а именно: средняя температура по сезонам и годовая (t°), количество осадков в миллиметрах по тем же периодам (мм), число дней с осадками (дни) и среднее количество осадков в миллиметрах за один день с осадками (сила).

Если, не зная, к каким местностям относятся эти данные, сделать заключение о климате этих местностей, то придется признать, что разница их климатов очень невелика и что она главным образом проявляется зимой.

Между тем эти данные относятся к Костроме (1), Горькому (2), Белостоку (Польша) (3), Тамбову (4), Полянкам (Саратовская область) (5), Моховому (б. Тульской губернии Шатиловская сельскохозяйственная опытная станция) (6), Чернигову (7), Воронежу (8) и Ворошиловску (9), и вряд ли можно подвергнуть сомнению огромную разницу климатов Белостока (самое сырое место Польши) и Костромы, с одной стороны, и Саратовской области и Ворошиловска — с другой.

Взаимоотношения климата с растительностью и почвами. Таблица, помещенная на стр. 171, приводит нас вплотную к вопросу о взаимозависимости развития растительных группировок, а следовательно, и почвенного покрова или почвенного возраста страны и изменения климата и находящегося во взаимозависимости с последним развития рельефа страны. Вопрос этот очень стар, но благодаря своей чрезвычайной сложности едва затронут исследованием как в климатологии, так и в геологии, где он тесно соприкасается с вопросом о синхронизме геологических периодов.

Не подлежит сомнению, что, кроме влияния моментов, которые, вследствие весьма медленного темпа их развития, мы принуждены условно признавать статическими, климат в пределах изменений первого порядка претерпевает и изменения второго порядка. К моментам первого порядка относятся: геологический возраст земного шара, особенности положения его в солнечной системе, влияние его тройного вращательного движения (вокруг оси, прэцессионного и нутационного), влияние изменения распределения материков и океанов и изменения высоты над уровнем океана. Под совокупным влиянием этих условно статических моментов на поверхности земного шара выявился ряд климатических поясов, или зон. В пределах этих первичных климатических поясов основные элементы климата подвергаются изменениям второго порядка под воздействием условий,

Однообразие климата широтной зоны

	1				2			
	t°	Осадки			t°	Осадки		
		мм	дни	сила		мм	дни	сила
Зима	—10,8	68	41	1,7	—10,5	112	23	4,9
Весна	2,1	115	32	3,6	3,0	109	25	4,4
Лето	17,4	191	38	5,0	18,9	205	34	6,0
Осень	3,5	138	137	3,7	3,1	122	27	4,5
Год	3,1	512	148	3,5	3,7	548	126	4,3

	3				4			
	t°	Осадки			t°	Осадки		
		мм	дни	сила		мм	дни	сила
Зима	—3,0	76	30	2,5	—9,5	115	53	2,2
Весна	5,6	119	31	3,6	4,2	121	38	3,2
Лето	18,0	221	87	6,7	19,5	192	39	5,0
Осень	7,1	110	32	3,4	6,0	132	34	4,0
Год	6,8	526	129	4,0	5,0	560	164	3,6

	5				6			
	t°	Осадки			t°	Осадки		
		мм	дни	сила		мм	дни	сила
Зима	—10,2	100	35	2,9	—9,3	139	41	3,4
Весна	1,6	106	30	3,5	1,5	154	38	4,1
Лето	17,1	182	31	5,9	17,4	199	33	6,0
Осень	4,9	124	31	4,0	4,4	194	34	5,7
Год	3,1	512	127	4,0	3,6	686	146	4,7

	7				8			
	t°	Осадки			t°	Осадки		
		мм	дни	сила		мм	дни	сила
Зима	—6,0	80	26	3,3	—8,8	133	34	3,4
Весна	6,2	93	31	3,0	4,0	130	31	4,2
Лето	19,4	133	27	4,9	18,4	180	30	6,0
Осень	7,1	136	28	4,8	4,8	138	25	5,5
Год	6,7	442	112	3,9	4,6	581	120	4,8

	9			
	t°	Осадки		
		мм	дни	сила
Зима	—2,7	131	32	4,0
Весна	7,7	194	36	5,4
Лето	22,2	242	32	7,6
Осень	9,6	160	26	6,1
Год	8,6	727	125	5,8

темн развития которых настолько быстр по сравнению с первыми, что открывает ясную перспективу возможности активного вмешательства в быстрое изменение направления и течения.

Мы в предыдущем видели, что растительные группировки высших растений, зависящие от условий почвенной среды, постепенно накапливают в ней сумму изменений, которые приводят к смене самой растительной группировки.

Подобного же порядка изменения растительные группировки должны производить и в другой обитаемой ими среде, в атмосфере, и моменты этого процесса развития некоторых элементов климата давно отмечены статическим понятием о «микроклимате» растительных группировок. Путем накопления элементы микроклимата должны привести и к изменениям климата.

Как и в почвообразовательном процессе, главное влияние растительных группировок на климат определяется их воздействием на водный режим почвы. И как в массе почвы, так и в геологических денудационных процессах развития рельефа вода и воздух часто оказываются антагонистами.

Климат тундры и почвообразование. После освобождения великой северной равнины от ледяного покрова послетретичного оледенения она представляла поверхность, характеризующуюся обычно как пейн-плейн (буквальный перевод английского термина *rape-plain* означает «западинная равнина»). Такая равнина покрыта понижениями, замкнутыми со всех сторон небольшими повышениями рельефа. Разница высот положительных и отрицательных элементов такого ландшафта невелика, если толща ледниковых отложений велика и рельеф коренных пород не сильно прересечен. В горных областях картина другая.

Только местами западинная равнина пересекалась извилистыми полосами бывших подледниковых потоков, *реками первого порядка*.

Понижения западинной равнины наполнялись атмосферной водой, которая не могла просочиться в скованный вечной мерзлотой грунт. Постепенно вода, достигнув уровня низшего края берега такого озера, стекала широкой струей в соседнее озеро, из него в следующее и таким извилистым путем по направлению общего уклона достигала долин рек. Понятно, что по мере увеличения длины такого потока росла его мощность и вода начинала промывать себе русло вверх от места впадения потока в реку. Постепенно обособились *реки второго порядка* и их притоки, и в них проложила себе путь вода из озер, лежащих по берегам. Скучная растительность тундры не могла надолго задержать этот процесс начала эрозии страны.

Процесс первичной эрозии резко сказался на ускорении завоевания тундры тайгой. Углубление долин повлекло за собой отступление от их берегов вечной мерзлоты, вследствие лучшего прогревания породы, обнаженной в свежих промоинах от нетеплопроводного покрова мха. Лесная растительность и сейчас проникает в область тундры главным образом от берегов рек второго порядка.

Лес изменяет климат тундры. Уже в тундре сказывается огромное влияние состояния поверхности почвы и растительного покрова на климат. *Затрудненность стока воды создает летом чрезвычайную влажность воздуха, несмотря на то, что в тундре атмосферных осадков выпадает столько же, сколько и в нашей юго-восточной или среднеазиатской засушливых областях полупустыни.* С другой стороны, скудость растительного покрова создает другую характерную черту климата тундры. Мхи, и особенно лишайники, а также и угнетенные высшие растения оставляют непоглощенной огромную долю притекающей солнечной энергии, что и обуславливает резкую контрастность температур дня и ночи.

Тайга надолго закрепляет состояние рельефа, достигнутое работой воды во время господства тундры. Поверхность не только закрепляется глубокой корневой системой деревьев, но и покрывается на длительные периоды сомкнутого леса мертвым покровом. Во время коротких вначале стадий осветления леса обособляется дернина, а под ней развивается прочность структуры почвы. Все количество воды, достигшее почвы, ею поглощается. Испарение кронами деревьев воды, как механически удержанной ими, так и подаваемой корнями, поддерживает влажность воздуха.

Количество свободной, непосредственно отражаемой энергии достигает своего минимума. Устанавливаются умеренная летняя температура лесной зоны без резких разниц дневной и ночной температур, и смягченный колорит, и прозрачные дали лесного ландшафта. Полноводные реки равномерно питаются как обильными грунтовыми и почвенными водами, так и непрерывно-равномерным током делювиальных вод, медленно стекающих по всей поверхности страны. Эрозионная работа воды сосредоточивается исключительно в долинах рек, и после достижения реками поддонной морены направляется преимущественно в сторону расширения долины.

Денудационная работа ветра также принуждена сосредоточиться исключительно в пойме рек. Как только ветер вступает в область леса, сила его напора сразу встречает сомкнутый строй стволов и ветвей и, разбившись на бесчисленное количество бессильных вихревых струй, он быстро загухает.

Но, начиная с долин, совершается отступление леса, уступающего место лугу, и тотчас из области поймы ветер расширяет район своего воздействия. Медленно, но неуклонно надвигаются на луга вздутые пески, и по мере их обособления под защитой еще недалекого леса на новой почве вновь поселяется лес.

Ландшафт незаметно меняется. Сначала тайга представляет море леса, по которому извилистыми полосами тянутся луговые долины рек и в которое отдельными оазисами вкраплены поляны. Поляны расширяются во все разрастающиеся и сливающиеся пространства, и незаметно наступает другой ландшафт. На общем фоне луга леса занимают уже разрозненные пространства и площадь их все более сокращается, пока они не обратятся в острова, окруженные морем травянистой растительности. И лес уже не прежняя «урманная» тайга, а смешанный лес, потом березняки, наконец, березовые колки.

Долины рек также изменили ландшафт: вместо прежних необозримых злаковых лугов зернистой поймы, ограниченных полосами ольховых топей, появляются разнотравные луга слоистой поймы. Новая пойма пестрит сосновыми борами на бугристых песках, дубовыми рощами и осиновыми гаями, и на реках появляются низкие острова, поросшие тальником, тополями и ветлами.

Абсолютный и относительный возраст почв в связи с климатом. До периода наступления процесса массового изреживания покрова тайги смена растительного покрова совершалась под преобладающим влиянием одной общей причины, подавлявшей своим влиянием все частные, индивидуальные причины. *Такой общей причиной был абсолютный почвенный возраст страны.*

Всякое твердое тело в зависимости от молекулярных свойств твердой фазы обладает в большей или меньшей степени неоднородностью. Неоднородность свойств почвообразующих пород неизбежно должна отразиться в виде разницы отношений их к динамическим условиям среды. Неизбежная количественная разница этих отношений должна была, вследствие различного темпа их накоплений, развиться в качественные различия. *Эти различия воспринимаются как относительный почвенный возраст разных областей страны.*

Первично однородные широтные элементы климата под влиянием фактора времени привели к определенным изменениям качеств новых элементов рельефа. Появившиеся новые элементы рельефа стали по-разному воспринимать широтные элементы климата, что и отразилось в количественно разных запасах элементов плодородия. Породы разных элементов рельефа уже по-разному будут воспринимать те же широтные элементы климата, что и отразится в разном растительном, а значит, и почвенном покрове, или в *относительном возрасте почв*, через перераспределение элементов плодородия в рухляке. Это перераспределение в тенденции ведет к обеднению водоразделов и к обогащению депрессий элементами пищи растений. Под влиянием малого запаса элементов плодородия на водоразделе почвы быстро достигают относительной старости, т.е. все элементы пищи переходят в неусвояемые формы органического вещества болот. В области депрессий постоянное возобновление усвояемости элементов пищи под влиянием воздействия хорошо питающихся микроорганизмов вызывает относительно более молодой возраст этих почв, т.е. более длительное пребывание на них лугов. Относительный

возраст почв, в свою очередь, воздействует на широтные элементы климата, определяя так называемый микроклимат.

Болота в процессе эволюции заменили леса, и климат постепенно должен был измениться. Отсутствие леса вызвало дружную весну. Разливы рек сделались стремительными, подъем воды стал высок, размыв коренных берегов быстрыми делювиальными потоками усилился, реки стали отлагать все больше песка. Ветер, не встречая сопротивления, все сильнее стал разносить пески. Хотя половодье быстро спадало, но меженный уровень рек не опускался очень низко: неровная живая поверхность болот еще сильно замедляла сток атмосферной воды и продолжала питать реки в течение всего лета.

Отмирание и размыв торфяных болот. Но и болота стали отмирать, стала чернеть их поверхность, сначала отдельными пятнами. На отмерших местах, окруженных еще живыми мхами, стала накапливаться вода. Отдельные пятна, сливаясь, стали образовывать озера, и, как и в тундре, вода, переполняя весной и после сильных дождей свой бассейн, стала прокладывать себе по уклону путь к стоку. Отмирающая рыхлая масса высохшего поверхностного горизонта торфа, всплывающая в ледяной воде тающего снега, уже не может оказать сопротивления, и бурные весенние потоки начинают размывать и рвать мягкую торфяную массу. Вода с каждым годом все быстрее и быстрее прокладывает себе сокращенный путь к рекам второго порядка.

Вследствие быстрого притока воды весной и после ливней реки начинают размывать свои верховья навстречу размыву болота. *Начинаются размыв водоразделов страны и расчленение рельефа оврагами.*

На мертвом болоте начинаются геологический процесс выветривания мертвого торфа и денудация его отмершей поверхности.

Отмирание болот и последующий размыв страны должны неизбежно повлечь за собой дальнейшее изменение климата. Весна стала дружной в смысле быстрого таяния незащищенного лесом снегового покрова. Снеговая вода, не сдерживаемая отмершей поверхностью болот и вследствие начавшегося расчленения рельефа, все быстрее сбегает в реки и по ним в моря.

В поверхностных горизонтах почвы сохраняется лишь вода, удерживаемая вследствие волосности. Длительного делювиального тока воды в мертвом покрове рыхлой лесной подстилки уже нет, и источник питания грунтовых вод оскудевает. Уровень меженей рек первого порядка падает все ниже по мере расширения области уничтожения лесов.

Реки второго порядка, текущие весной бурными потоками, быстро иссякают, обращаясь сначала под влиянием конусов овражных выносов в так называемые *бочажные реки*. Они представляют летом цепь «бочагов», бывших «омутов», соощающихся между собой сухим руслом. Но овражные выносы скоро уносятся весенними водами. Реки летом совсем высыхают, обращаясь постепенно в «балки». У них сохраняются террасы и впадающие в них *отвершки*, или *верхи*, бывшие овраги.

Даже реки первого порядка, если весь бассейн их обезлесен, летом иссякают.

Водный режим страны становится порывистым, с многоснежной зимой, многоводной весной и безводным летом.

Постепенно, незаметно страна начинает приобретать типичные черты степного климата.

Само собой разумеется, что и биологические элементы страны и ее почвенный покров должны претерпеть соответствующие изменения. Размыв болот совершается только в короткий период дружной весны, когда торф, напившийся с осени водой, не может вместить в себе больше воды, и вся снеговая вода устремляется по уклону. Летних паводков по торфяным промоинам нет. Вся вода даже сильнейших ливней поглощается сухой, рыхлой массой торфа.

Как только сбежит снеговая вода, так тотчас темная масса мертвого торфа, сильно нагреваясь, начинает быстро высыхать. Но именно быстрота испарения поверхности торфа сохраняет в более глубоких его слоях массу воды. При высыхании торф сильно уменьшается в объеме. Объем сухого торфа может стать в 2—3,

даже в 4 раза меньше в зависимости от содержания в нем ульминовой и гуминовой кислот. Вместе с тем волосное передвижение воды в массе торфа достигает максимальной медленности.

Под влиянием быстрого высыхания поверхность торфа растрескивается во всех направлениях, и на ней обособляется слой рыхлолежащих комков, которые быстро прекратят испарение воды из глубжележащих слоев торфяной массы, сплошь пропитанной водой еще с осени, так как волосное сообщение слоя комков с массой мокрого торфа будет прервано.

Совсем иначе тот же процесс отразится на промоинах торфа. Свежая промоина в торфе всегда имеет вертикальные стенки. Как только спадет вода, так под влиянием высыхания в торфе образуется вертикальная трещина, параллельная берегу промоины, доходящая почти до глубины ее дна. Верхняя часть отделившегося пласта начинает обращаться в комки и осыпаться в промоину. Тотчас вертикальной трещиной отслаивается другой слой, но трещина не достигает глубины первой. За вторым слоем следует третий, четвертый и т. д., пока последний слой не сольется с поверхностным горизонтом обособившихся на болоте мелких комков торфа.

Таким образом вертикальная стенка промоины обращается в пологий откос, который с каждым годом расширяется и в своих разрыхленных краях дает начало новым промоинам. Ветер сносит легкие, мелкие сухие комки торфа в расширенные промоины, обнажая новые слои мокрого торфа для той же участи.

Высохший торф с чрезвычайным трудом и очень медленно напитывается вновь холодной водой, и сухие, легкие комки торфа плавают на поверхности воды.

Весенняя вода уносит все комки, заполнявшие промоины и покрывавшие поверхность болота, и отлагает их по долинам пересыхающих рек и по склонам в виде делювия.

К этому времени процесс размыва страны утрачивает свой прежний быстрый темп. Более высокие водоразделы уже прорезаны, глубокие котловины заваяны и занесены делювием, водораздельные плато расчленены, рельеф местности приобретает более покойный характер.

Развитие северных черноземов из болот на алюмосиликатной морене. Как только водораздельное болото освободится от своего мертвого, поверхностного, бедного зольными элементами горизонта, так тотчас на нем начинается новый биологический процесс. Вокруг промоин, прорезавших торф до глубоких, богатых золой горизонтов, начинается бурный аэробный процесс разложения торфа, и в рыхлых массах откосов начинается роскошное развитие корневищевых злаков. Наблюдения за этим процессом в бб. Рязанской, Орловской, Тульской, Нижегородской и Tobольской губерниях показывают, что первыми злаками поселяются или пырей (*Agropyrum intermedium* P. B.), или чаполоть (*Hierochloë odorata* Wahlb.). Корневищевые злаки быстро завоевывают весь водораздел, и под их покровом развивается изумительно большое количество червей и личинок хруща и полосатого шелкоуа, каждый удар лопаты перерезает десятки их. В соответствии с фауной червей и личинок размножается большое количество кротов и других млекопитающих-хищников.

Вся эта копающая фауна непрерывно перетирает торфяную массу, перемешивает ее с минеральной почвой и способствует проникновению кислорода воздуха в глубь торфа. Она значительно сильнее развита по окраинам этих «сухих болот», как их называют в бб. Рязанской и Орловской губерниях.

Под влиянием аэробного процесса в бурой массе торфа образуется большое количество гуминовоаммиачной соли, которая впитывается в комки, высушенные обильными корнями злаков. Внутри комка господствуют условия анаэробнозиса, обусловленные аэробным процессом на его периферии. Аммиак гуминовоаммиачной соли разрушается внутри комка, и оставшийся гумин придает комку прочность и окрашивает его в интенсивно черный цвет.

Получается структурная перегнойная почва черного цвета, залегающая нормально на подстилающей ее почвообразующей породе. Такая почва ничем не отличается от черноземов уже распаханых склонов. И она постепенно припахивается

вается к этим полям, по мере того как на ней появляется тонконог (*Coeleria gracilis* Pers.) и укусы пырейного сена снижаются.

С другой, обращенной к середине водораздела стороны эти почвы также незаметно переходят в отмирающее водораздельное болото с голой поверхностью торфа и отдельными отмершими и отмирающими угнетенными деревьями березы.

Северные черноземы склонов и долин. Сносимая с водоразделов мелкая комковатая масса торфа отчасти, несомненно, уносится бурной весенней водой в реки первого порядка, где она частью остается на пойме, частью уносится в море. Часть же снесенных комков торфа тонкими делювиальными слоями откладывается на склонах. Растительность склонов оплетает их своими корнями, и фауна почвы перемешивает их с массой дернового горизонта.

Те же делювиальные потоки заносят торф в долины бывших рек, постепенно потребляя отжившие притеррасные топи, лишившиеся притока подпорных грунтовых вод. Рельеф террас постепенно сглаживается.

Притеррасные топи поймы рек второго порядка отличаются от тех же образований рек первого порядка тем, что в первых отсутствует питание грунтовыми водами. Поэтому они всегда менее ярко выражены, и как только наступают условия, близкие к степному климату, и приток почвенной воды к ним начинает уменьшаться, развитие этих болот постепенно затухает, и они начинают заноситься делювием.

Наносы бесплодного водораздельного торфа не сказываются заметно на развитии почв нижних элементов склонов. Ежегодный слой наноса тонок, новые поколения злаков при участии фауны постепенно обогащают нанесенный слой элементами золы и почвообразующей породы, и постепенно образуется чернозем долин, который на границе террас бывших рек второго порядка подстилается структурной массой высушенного торфа погребенного притеррасного болота.

Этот торф содержит остатки коры ольхи, корневища тростника и совершенно незаметно переходит в мелкозернистый перегной, перекрытый сверху «неделювием», продуктом распахки склонов.

Флора луговой стадии этой области рельефа, если она не распахана, или вымирает, сменяясь флорой чернозема, или временно остается в пестрой смеси с новой флорой чернозема, главным образом типцом (*Festuca ovina* L.), тонконогом (*Coeleria gracilis* Pers.) и луговым костром (*Bromus erectus* Huds.).

Признаки черноземов горных, долинных и склонов. Таким образом обособляются три основных типа чернозема на кислой алюмосиликатной морене, выделенные еще Докучаевым:

- 1) чернозем горный, или чернозем плато, или чернозем водоразделов,
- 2) чернозем долинный и
- 3) чернозем пологих склонов.

Они отличаются по строению.

1. Чернозем водоразделов представляет один только горизонт, выделяющийся своей прочной комковатой структурой и глубоким черным цветом. В нем много кротовин, т. е. покинутых и насыщенных землей нор и ходов насекомоядных, ходы которых проникают также и в материнскую породу, образуя то, что называют переходным горизонтом. Также изобилуют и ходы червей и личинок насекомых. Глубже следует почвообразующая порода, лишь немного сильнее окрашенная в своей верхней части в красноватый цвет апокренатом окиси железа. Почвообразующая порода иногда бывает агрегатной. Журавчики в ней отсутствуют. Также отсутствуют и зерна рудяка. Глеевого горизонта никогда не бывает. Мощность чернозема плато колеблется в широких пределах, от 30 до 70 см.

2. Чернозем долин встречается в двух разностях: образовавшийся на прежних долинах рек второго порядка и в долинах суходольных. Обе разности достигают значительной мощности, от 100 до 200 и даже 300 см.

Чернозем долин бывших рек представляет полуструктурную массу черного цвета с коричневым оттенком, особенно заметным при истирании почвы в порошок и на свежих разрезах лопатой. Под этим горизонтом большей частью лежит горизонт, окрашенный в более светлый цвет и обладающий совершенной граненой ком-

коватой структурой. Ниже залегает комковатый глеевый горизонт, который скоро утрачивает комковатость и переходит сначала в оглеенную раздельнозернистую массу породы, быстро приобретающую нормальный желтобурый цвет, а иногда и агрегатную структуру.

Иногда комковатый горизонт замещается горизонтом луговой известн. Известь отдельными пятнами переходит сверху в черный структурный горизонт, на котором залегает обычный долинный чернозем. Журавчиков в этой разности нет.

Разность долинного чернозема в суходолах залегает на агрегатной массе оглеенных и черных комков. Обыкновенно ниже следует сначала оглеенная и далее нормальная, иногда агрегатная алюмосиликатная порода. Журавчиков в породе нет. Кротовины в долинных черноземах встречаются редко. Долинные черноземы по большей части бывают перекрыты полуструктурным неомелювым вышележащих пахотных полей.

3. Черноземы склонов показывают более совершенную комковатую структуру верхнего горизонта, мощность которого возрастает к подошве склона, изменяясь от 30—40 см до 70—100 см. Под первым горизонтом залегает интенсивно черный, безукоризненно комковатый горизонт. Он очень богат зольными элементами пищи, но вместе с тем содержит часто марказит. Это горизонт крупки или хомяковины. Он очень постепенно при посредстве массы кротовин переходит в горизонт агрегатного делювия, который сливается с алюмосиликатной породой. В нижних частях склона может проявиться красноватая окраска верхнего слоя материнской породы и могут встречаться отдельные конкреции железного или марганцового рудяка.

Структурные черноземы подошвы склонов отличаются большим природным плодородием как по причине обильного снабжения их водой, стекающей с прилегающих склонов, так и вследствие постепенного переноса растительностью в их поверхностные горизонты элементов пищи из погребенного притеррасного болота.

Но нередко в этой области попадаются повышенные и удлинённые горбы, отличающиеся почти полным бесплодием. Урожай на них получается только при условии или обильного навозного удобрения, или при минеральном фосфорном и калийном удобрении. Во всех случаях, мной исследованных, эти бугры представляли продолжение, конус овражного выноса тальвега лощины, врезающейся глубоко в водораздельное плато. Всегда эти бугры сложены из черноземовидной, чрезвычайно легкой почвы и в глубине погребают притеррасное болото, отделяясь от его торфа, резкой границей. Нельзя не рассматривать подобных образований как реликты водораздельного болота, торф которого по руслу лощины несен сразу в большом количестве и образовал конус овражного выноса, под которым было погребено притеррасное болото сразу слишком толстым слоем, и растительность болота не могла пробиться через бесплодную массу торфа. Подобные явления хорошо известны в горных странах, Швейцарии, Шотландии, под названием «прорыва почерневших болот».

Такова общая схема перехода болотной стадии дернового периода псчвообразовательного процесса в его черноземную стадию на кислой алюмосиликатной морене. Однако не везде этот процесс проходил по очерченной схеме. На направление и интенсивность его хода сильнейшим образом влияют свойства псчвообразующей породы, богатство ее элементами зольной пищи и степень их доступности для растений.

Черноземы на разных почвообразующих породах. Вся обширная область европейской части СССР, бывшая под покровом материкового льда послетретичных оледенений, покрыта почвообразующими породами трех основных типов. Северо-западная часть покрыта кислой алюмосиликатной мореной и в западной части — островами щелочной алюмосиликатной морены; юго-восточная часть — пермской мореной, южная часть перекрыта карбонатной мореной. В азиатской части, в области Средней Азии, распространена преимущественно карбонатная морена и в области Сибири — смешанная морена, состоящая из смеси продуктов выветривания преобладающим образом карбонатных пород с значительной примесью кислых и преимущественно кварцевых пород. Кроме того, как в равнинной, так осо-

бенно, в горных областях, на местах выходов коренных пород представлены разнообразнейшие продукты выветривания этих пород.

До сих пор мы рассматривали процесс образования черноземных почв на кислой алюмосиликатной морене. Переходим к рассмотрению образования черноземов на карбонатной и пермской моренах.

Биологически важные элементы карбонатной морены входят в состав раковин, панцирей и аморфных сгустков и защищены органическим веществом (хитином) от вымывания путем растворения. Однако по мере растворения карбоната извести для растений не представляет трудности перенести элементы своей пищи из массы породы в почву. Тундровый период на этой породе мог отличаться лишь сильным развитием провальных (карстовых) явлений как результатом карбонатности породы. Господство леса не могло быть продолжительным. Луговая флора, располагавшая большим количеством пищи, быстро сменила лес.

Почвообразование под лесом на карбонатной морене. Лес в общем не мог оставить таких следов своего пребывания, как на алюмосиликатной морене. Порода преобладающим образом состояла, кроме карбоната извести, из кварца и кремнезема, подвергавшихся многократному перемыванию, и лишь местами в ней могли скопиться глинистые элементы как результат примеси кислых алюмосиликатных пород или известняков с преобладанием глинистых элементов.

Влияние леса как растительной формации на карбонатную морену принципиально отличается от его воздействия на кислую алюмосиликатную морену. На карбонатной морене мы сталкиваемся с двумя одновременно протекающими процессами. С одной стороны, карбонатная морена, вследствие своего микроагрегатного сложения, гораздо легче проницаема для корней древесной растительности как вглубь, так и вширь. И корни деревьев в морене находят превосходные условия для своего питания, встречая все элементы пищи растений собранными предшествовавшими морскими организмами, в виде вкрапленной в породу массы остатков их скелетов, защищенных хитином от выщелачивания. Корни деревянистой растительности все микотрофного типа питания и разрушают хитин, усваивая его азот и вместе с тем и сконцентрированные элементы зольной пищи. С другой стороны, одновременно в корневую систему деревянистых растений проникает и бикарбонат кальция. Стимулом для его непрерывного проникновения служит отложение в вегетативных органах деревянистых растений развивающихся на карбонатной морене, нерастворимых соединений извести в виде рафид, цистолитов и т. п.

Под влиянием этих отложений известковых солей реакция лесной подстилки на карбонатной морене всегда отличается ярко выраженным щелочным характером в отличие от кислой реакции лесной подстилки на алюмосиликатной морене.

Тем не менее, в силу содержания во всем деревянистом отпаде дубильных веществ, разложение лесной подстилки и в этих условиях происходит исключительно под влиянием грибной флоры. Выделяемая мицелием грибов креновая кислота в самой подстилке немедленно по образованию усредняется. Оба эти процесса, выделение креновой кислоты и приток соединений извести, развиваются одновременно и непрерывно. Поэтому вода, устремляющаяся волосным током в массу карбонатной морены, вносит в нее не свободную креновую кислоту, а усредненный раствор всех элементов пищи растений с большим избытком нейтрального крената кальция.

Вследствие этого на карбонатной морене мы не встречаем сколько-нибудь ярко выраженных следов подзолообразования. Влияние леса на породу сказывается в двух направлениях. Во-первых, бывший горизонт сильно разветвленных тонких корней деревянистых растений повлиял на ярко выраженную ореховатость более глубоких горизонтов лёссовидной морены. Обособлению ореховатости способствовало и то, что вследствие обильного поглощения воды корнями деревьев он освобождался от избытка бикарбоната кальция и, утратив свое лёссовидное сложение, мог сильно изменяться в объеме. Второй признак который лес оставил на карбонатной морене, заключается в том, что кренат кальция в щелочной или нейтральной массе лёсса мог быстро подвергаться восстано-

вительному влиянию анаэробных бактерий и переходить в апокренат кальция. По этой причине трудно растворимый апокренат кальция, в значительной мере подчиняющийся влиянию тока весенней гравитационной воды, отлагается, начиная с водораздельных элементов рельефа. Этот момент резко отличает водораздельные почвы этой области от водораздельных подзолов, в которых отложения рудяка совершенно отсутствуют. Апокренат кальция откладывается в форме журавчиков. Журавчики состоят из смеси углекислостойкой соли и апокрената кальция. В присутствии последнего легко убедиться тем, что при прокаливании журавчики чернеют вследствие обугливания органической апокреновой кислоты.

Журавчики представляют конкреции самой разнообразной формы. Они всегда аморфны и раскалываются с раковистым изломом. Журавчики всегда внутри разорваны трещинами с острыми краями, образующими полость. Трещины образуются при высыхании коллоидального осадка апокрената кальция. Цвет журавчиков внутри бурый, снаружи он переходит в белый вследствие окисления апокрената в углекислую известь.

По мере приближения к подошве склонов величина журавчиков и частота их распределения растут, и в то же время уменьшается глубина их залегания, если порода не занесена делювиальными сносами. Часто в конце склона вместо горизонта журавчиков обособляется утолщающийся к концу склона сплошной слой известкового ортштейна, носящий местами на Украине название «жёрствы». При переходе подошвы склона в пойму реки известковый ортштейн выходит почти на поверхность почвы и известен под названием *крейды*, или *белой глины*. На Украине чаще всего им пользуются для беления хат. Слой ортштейна обыкновенно незаметно сливается с выходящей на поверхность почвы луговой известью.

Таким образом все следы леса могли в области карбонатной морены свестись к следующему. Поверхностные слои породы должны были сильно обогатиться элементами пищи растений. Работа леса была легкая: порода, обладающая агрегатной структурой, легко проницаема для корней, и пища в карбонатной породе не так широко рассеяна, как в рухляке алюмосиликатных пород, она уже собрана в фокусы.

Лес мог оставить лишь слабые следы железного рудякового горизонта. Вследствие малого содержания окиси железа и равномерности механического состава породы, рудяковый горизонт мог отложиться только в виде общей, более темной окраски породы и в виде повышения содержания в ней железа. Гораздо реже можно встретить отдельные стяжения бобовой руды — железной или марганцевой.

Лес сменился лугом. Под влиянием избытка элементов пищи обе фазы луговой стадии, корневищевая и рыхлокустовая, дернового периода процесса тянулись на карбонатной породе очень долго.

Быстрое вытеснение леса лугом на всех элементах рельефа области неизбежно приводит к изменению климата области, приобретающего черты степного с его крайностями температуры и влажности.

Почвообразование под лугом и луговой степью на карбонатной морене. Под покровом растительности луговой растительной формации, образующей на поверхности почвы сплошной дерн, протекает период почвообразовательного процесса, характеризующийся в основном неизбежным, прогрессивно развивающимся процессом накопления в массе почвы органических остатков и аморфного перегноя. Процесс представляет функциональный качественный признак растений луговой формации как следствие того их существенного свойства, что плодоносившие побеги этой «луговой» флоры отмирают лишь с наступлением зимы. До начала зимы эти побеги продолжают вегетировать, и все синтезированное ими органическое вещество частью потребляется на развитие новых вегетативных побегов, которые будут плодоносить на будущий год, частью же одновременно откладывается в форме запасных питательных веществ в различных органах их зимующих побегов: узле кущения, нижних междоузлиях, нижнем листовом влагалище, листьях, чешуях, луковичках, корневой шейке и т. п. Только с наступлением зимы плодоносившие побеги отмирают вместе со всей принадлежавшей каждому побегу корневой системой.

Совершенно очевидно, что в период отмирания плодоносивших побегов в начале зимы не может быть и речи о разложении отмершего органического вещества. Это разложение может осуществиться только начиная с весны будущего года. Условия весеннего разложения совершенно ясны.

В течение всей зимы в массе почвы ярко господствует установившаяся с момента замерзания поверхностного горизонта почвы разность температур верхнего замерзшего слоя и нижних незамерзших. Вследствие этой разности температур, а следовательно, и разности упругости водяного пара в этих слоях почвы, происходит непрерывающаяся в течение всей зимы перегонка водяного пара из незамерзших слоев почвы в верхние, замерзшие. Водяной пар сгущается вокруг кристаллов льда, начиная с поверхностного горизонта, наиболее охлажденного, и к весне поверхностный горизонт всякой почвы всегда насыщен водой до предела полной его волосной влагоемкости. Весной, по оттаивании всякой почвы, в ней наступает первый количественный максимум содержания воды.

Условия, в которых окажутся отмершие в начале зимы подземные остатки плодоносивших побегов многолетних трав, совершенно ясны. В почве господствуют условия анаэробнозиса, и органические остатки в такой почве могут разлагаться только анаэробным путем. Результаты анаэробного разложения в почве, покрытой покровом многолетних травянистых растений, также хорошо изучены. В этих условиях может подвергнуться полному распаду не больше половины органических остатков, и при этом разложении образуется большое количество аморфного перегноя.

Казалось бы, что по мере высыхания почвы, покрытой многолетней травянистой растительностью, воздух будет проникать в почву, и в ней установятся условия аэробнозиса. Но нужно иметь в виду, что органическое вещество накапливается растениями в почве по схеме конуса, обращенного вершиной вниз, и максимальное количество мертвых остатков накапливается в самом поверхностном слое почвы. В непаханной почве, покрытой многолетними травами, растительные остатки самого верхнего слоя почвы будут, конечно, разлагаться аэробным путем. Аэробное разложение совершается бурно, и весь кислород, стремящийся проникнуть из воздуха в почву, поглощается аэробным разложением, протекающим в поверхностном горизонте. Более сильный приток кислорода вызывает только усиление аэробнозиса, но в массе почвы под покровом многолетней луговой флоры и по мере высыхания почвы в общем сохраняются условия анаэробнозиса, а следовательно, сохраняется приблизительно половина всех корневых остатков и накапливается перегной. Интенсивность этого процесса прогрессивно нарастает.

Таким образом под покровом растительности луговой (черноземной) степи протекает процесс накопления в почве органических остатков и перегноя. На карбонатной морене («южно-русском» и «палевом» лёссе) развивается так называемый *обыкновенный чернозем*.

Почвообразовательный процесс на пермской морене. Восточная часть европейской части СССР покрыта *мореной, состоящей или из чистого рыхляка выветривания пестрых пермских мергелей, или этот рыхляк составляет преобладающую примесь к рыхляку алюмосиликатных, кварцевых и карбонатных пород*.

Этот тип почвообразующей породы называется «пермской» мореной. Частично она известна под названием «арало-каспийских» или «сыртовых» глин, трактуемых как отложения трансгрессии арало-каспийского водного бассейна. Основанием такого толкования ее происхождения служат три признака этой породы: чрезвычайно тонкий и выровненный механический состав, соленосность породы и частое нахождение в ней раковин моллюска кардиум, ныне в изобилии встречающегося в Каспийском море. Все три признака породы ни в какой мере не могут служить основанием признания ее морского происхождения. Порода, вполне аналогичная рассматриваемой, изобилует в Башкирской АССР, в Татарской АССР, в Горьковской области, даже в Ивановской области и в б. Северной области, куда арало-каспийский бассейн никогда не распространялся. При обнажении морских отложений происходит очень быстрый процесс их «опреснения». Моллюск кардиум в настоящее время обитает в Волге. Зато нахождение обильных остатков носорога,

быка, пещерного медведя, бивней мамонта и слонов и недавнее нахождение экспедицией Академии наук СССР целого черепа слона красноречиво говорят в пользу ледникового происхождения породы.

Скандинавско-русский ледник в последние четыре последовательные эпохи его повторения в третичный и четвертичный периоды (Гюнц, Мицдель, Рисс, Бюрм) своим восточным крылом снес огромные толщи пермских пестрых мергелей и отложил их рухляк на огромном пространстве, от южной части Северной области параллельно Уральскому хребту и по обе стороны Волги вплоть до Каспийского моря. Эта «пермская» морена отличается от карбонатной своей малиновой окраской, чрезвычайной мелкостью и выровненностью механического состава, огромным содержанием окиси железа, значительным содержанием азота; общими свойствами ее с карбонатной мореной представляются богатство карбонатом извести и приотстающая отсюда лёссовидная микроструктура.

Лес на пермской морене. Развитие леса на этой морене происходит при наиболее благоприятных условиях. Элементов пицци в этих глинах много, и они находятся в легко усвояемых формах.

Значительное количество извести должно было несколько замедлить продолжительность первой стадии оподзоления. В еще большей степени затянулась вторая стадия вследствие большого содержания окиси железа в породе. Подобно характеру отношений лесной формации к извести в карбонатной морене, лес относится к окиси железа на пермской морене. Соли окиси железа поглощаются в больших количествах корнями деревьев, причем соединения, в виде которых они поступают в корни и в виде которых они откладываются в древесине, ближе не изучены, и об этом можно судить пока только по красному цвету золы такой древесины. При распаде подстилки протекают два процесса, образование креповой кислоты и одновременно непрерывный приток солей железа, нейтрализующих креповую кислоту в самой подстилке. Поэтому отсутствует выщелачивающее действие креновой кислоты и глубина подзолистого горизонта, в сравнительно редких случаях его выявления, не бывает значительной даже на водоразделах, тем более что водораздел, вследствие однородного механического состава рухляка, не отличается по механическому составу своего почвенного покрова от склонов и долин.

Движение воды в такой породе, хотя и агрегатной, но очень влагоемкой, совершается с большой медленностью. Эта медленность еще более усилилась, когда известь из верхних горизонтов породы была выщелочена и порода утратила свою агрегатность. Вследствие медленности движения растворов рудяковый горизонт получил яркое и однородное выражение на всех элементах рельефа, включая и водоразделы.

В породах однородного механического состава рудяковый горизонт откладывается в форме равномерного проникновения всей массы породы, даже в сравнительно крупнозернистых породах, как, например, в ортзандах. В однородных глинах этой области кренаты окиси железа проникают из горизонта подстилки, рассасываются на большую глубину и во всей толще породы равномерно восстанавливаются. Ни окись железа, и апокрена его равномерно пропитывают всю породу. Ни ярко выраженного глеевого горизонта, ни журавчиков в таких почвах я не встречал.

Несмотря на обилие притока пицци в верхние горизонты почвы при посредстве корней широколиственных пород, из которых лучше других выражены дуб и липа, дерновый процесс развивается медленно, и лес долгое время уживается с травянистой флорой. Медленное развитие дерновой флоры объясняется свойствами почвообразующей породы.

В случае если карбонат извести будет выщелочен креновой кислотой, агрегатное состояние породы утрачивается, и масса тяжелой глины обращается в трудно проницаемую для корней среду. Но зато, раз органическое вещество проникнет в породу, оно в ней встречает абсолютно анаэробные условия и после отмирания сохраняется надолго.

Мертвые органические остатки, отлагающиеся в большом количестве как в почве, так и поверх почвы, разрушаются быстро вследствие их богатства эле-

ментами зольной пищи. Аэробный процесс освобождает вновь огромные количества элементов пищи, которые питают богатейшую флору разнотравья, среди которого большое количество чины (*Lathyrus vernus* Bernh., *L. luteus* Gren.) и клеверов (*Trifolium medium* L., *T. alpestre* L., *T. lupinaster* L.).

Под влиянием преобладания широколиственных древесных пород, не образующих такого густого шатра и постоянного мертвого покрова, как хвойные, и обильного количества травянистых бобовых, почва обогащается солями кальция, и постепенно, под влиянием поглощения перетягом катиона кальция, развивается прочная комковатая структура. Перетягом, разносимый мощной корневой системой травянистых, захватывает и те горизонты, которые носят характер рудяковых. Почва этих горизонтов приобретает чрезвычайную прочность вследствие содержания большого количества ила, апокрената окисей железа и марганца, извести и ульмина. Цвет и свойства подзолистого горизонта целиком маскируются медленно накапливающимся в нем органическим веществом.



Рис. 88. Одновременное произрастание на тучном черноземе элементов степной флоры (ковыли, тонконоги) и березовых лесов.

Тучные черноземы. Дерновый период почвообразования под лугом и луговой степью на пермской морене протекает в основном так же, как и на карбонатной морене, и приводит к образованию *тучных* глинистых черноземов нашего востока и юго-востока. Они резко отличаются от других разностей чернозема своей безукоризненной, глубокой (100—120 см) структурностью и высоким природным плодородием.

Единственный горизонт, дерновый, содержит от 10 до 20% органического вещества, очень постепенно переходит в малиновую или розово-бурую агрегатную глинистую почвообразующую породу. Журавчики и кротовины встречаются редко.

Особенность почв этой области та, что на них почти совсем не сказывается влияние рельефа. Как водоразделы, так и все элементы склонов и долины-суходолы покрыты однородным по строению почвенным покровом, и только более сильное развитие журавчиков в нижних элементах склонов нарушает общее однообразие. Резко выраженные крайние свойства почвообразующей породы, однородность механического состава тяжелых глин, подавляют преобладание влияния всех факторов почвообразования, кроме абсолютного почвенного возраста страны.

Лесостепь области пермской морены. Другой особенностью области пермской морены представляется то, что лес уживается на одной территории с луговой степью. Эта область известна под названием *березовой степи*. Большинство русских исследователей видят в этом явлении наступание леса на степь, связанное с так называемой «деградацией» чернозема. Это явление будет разобрано ниже, сейчас, однако, необходимо обратить внимание на то, что в данной области не только не наблюдаются признаки деградации, а, наоборот, наиболее типичные

признаки чернозема, содержание органического вещества и структура, достигают здесь апогея своего выражения.

Повидимому, правильно то объяснение, что совмещение леса и черноземной луговой степи лишь одно из следствий подавления крайними свойствами глинистой почвообразующей породы всех факторов почвообразования, кроме влияния абсолютного почвенного возраста страны.

Глинистая масса этой породы склонна к сильным изменениям объема при колебаниях влажности. Поэтому в ней в высшей степени развита система трещин, которая приводит к поглощению значительного количества атмосферных осадков, питает грунтовые воды и поддерживает влажность нижних горизонтов почвообразующей породы. Постоянное устойчивое увлажнение и наличие большого количества элементов пищи в этих черноземах — причина их высокого природного плодородия. В лёссовидной карбонатной морене, так называемом южно-русском лёссе, таких трещин нет. Там обособляется мертвый горизонт, исключаящий питание горизонта грунтовой водой, затрудняющий присутствие там леса.

Черноземы области смешанной морены. Четвертая область европейской части СССР покрыта смесью двух морен, алюмосиликатной, основной или кислой, и карбонатной, и по свойствам почвообразующей породы резко отличается от трех, уже рассмотренных.

Отсутствие сортированности механического состава — причина обособления двух резко отличных по свойствам покровных образований, скелетного элювия морены и мелкоземистого делювия. В тех и других образованиях элементы пищи растений представляются в состоянии изреженного и равномерного рассеяния по массе породы. Концентрация их в поверхностных горизонтах почвы потребовала продолжительного периода, и по относительному почвенному возрасту эта область более молодая, чем рядом лежащая область южно-русского лёсса. Поэтому в тех двух «языках», донском и днепровском, которыми алюмосиликатная морена вдаётся в область южно-русского лёсса, еще видны страна, не освободившаяся от леса, и почвообразовательный процесс в стадии «лесостепи». Это касается не только той части области, в которой алюмосиликатная морена выходит на дневную поверхность, но и той части, которая покрыта переходной мореной, образовавшейся из смеси тех и других пород и известной под названием лёссовидных глин и суглинков, отличающихся своим красноватым или более темным коричневым цветом от палевого южно-русского лёсса.

Наиболее характерными особенностями черноземов этой области надо считать два признака. Первый — одновременное присутствие двух типов орштейна, железного рудяка и известковых журавчиков.

Железный рудяк в самых разнообразных формах преобладает в понижениях водоразделов и в верхних частях склонов. Он встречается то в виде отдельных зерен, то в виде равномерной буро-красной окраски верхних горизонтов глины, то в виде плотно спемантированной глины, содержащей одновременно с соединениями железа и много фосфорной кислоты.

Известковый орштейн развит преимущественно на нижних элементах склонов и проявляется то в виде отдельных жилок, точек и пятен, то в виде «ложной грибницы», наконец, в нижних частях склонов в форме журавчиков.

Такое одновременное присутствие орштейнов двух типов не представляет процесса, исключительно приуроченного к черноземной зоне. Он, например, сильно развит в Ивановском районе, где он сопутствует владимирским черноземам, расположенным островом среди подзолистых почв. Эти черноземы развились на богатой карбонатами смешанной морене и представляют хороший пример более старого относительного возраста страны.

Случаи нахождения орштейнов двух типов в одном районе нередки и в Московской, и в других областях, где подзолистая стадия почвообразования проявлялась на обогащенной карбонатами морене.

Второй признак черноземов области смешанной морены — меньшая глубина окрашенного в черный цвет дернового горизонта. Поэтому очень часто особенно на водораздельных элементах рельефа, под верхним, дерновым, черным горизон-

том мы находим подзолистый горизонт со всеми его признаками. Это нахождение подзолистого горизонта под черноземом и рассматривается обыкновенно как признак деградации чернозема под влиянием надвинувшегося леса. Почему лес надвигается, почему он разрушает перегной и почему это разрушение начинается снизу, а не сверху, для меня непонятно.

В связи с меньшим абсолютным и относительным почвенным возрастом страны ее почвы еще не успели накопить большого количества перегноя, и серый цвет подзолистого горизонта ясно просвечивает через темную окраску. Совершенно так же и структура этих почв еще не имела времени в полной мере обособиться и приобрести прочность. Этому еще способствует общее уменьшение количества



Рис. 89. Размыв территории после обезлесения.

извести и солей кальция в почвообразующих породах по направлению с юга на север. Поэтому в том же направлении падают агрегатность породы, структурность почв и их природное плодородие.

По мере того как в смешанной морене, содержащей тонкозернистые продукты выветривания карбонатных пород, растет выровненность механического состава от значительного содержания глины, растет и ее способность уменьшаться в объеме при высыхании. Поэтому в этих породах сильно выражена ореховатая структура. Но как только в смешанной морене начинает преобладать рухляк известняков и заметно снижается содержание глины, так исчезает и ореховатость.

Так как вся область находится в стадии освобождения от леса, то в ней в резкой степени сказывается влияние изменения водного режима, которое выражено в форме усиленного размыва и смыва (эрозия). Вся область расчленена глубокими оврагами.

Не подлежит сомнению, что в обезлесении этой области видную, если не главную, роль играла деятельность человека. Поэтому область развития серых лесных земель, равно как и область серых лесных суглинков, следует рассматривать как районы, где природный почвообразовательный процесс прерван вмешательством человека. В чистом виде он сохранился в малоисследованной области лишь в редких случаях.

На западе область алюмосиликатной и смешанной морены граничит с огромной водораздельной областью, питающей ряд главных рек бассейнов Балтийского, Черного и Каспийского морей.

Эта область покрыта преимущественно *алювиальными валунными и безвалунными песками*. Подчиненное значение имеют останцы неразмытой морены, как алюмосиликатной, так и карбонатной и смешанной, и обнаженные выходы коренных пород.

В этой песчаной области, наряду с другими стадиями почвообразовательного процесса, особенно сильное и разнообразное развитие получили, вследствие бедности пород зольными элементами пищи, болотная стадия дернового процесса и в высшей степени постепенный переход от верховых болот и притеррасных топей к чернозему.

Еще одна область ледниковых наносов лежит в северо-восточной части черноземной области (Зауралье и Западная Сибирь). Состав этой морены очень сложен и еще мало изучен. Повидимому, она представляет смесь рыхляка преимущественно кварцевых и алюмосиликатных пород с породами карбонатными и пермскими. По общему направлению черноземной стадии дернового процесса эта морена обближается с карбонатной мореной и с пермской мореной, на что также ука-

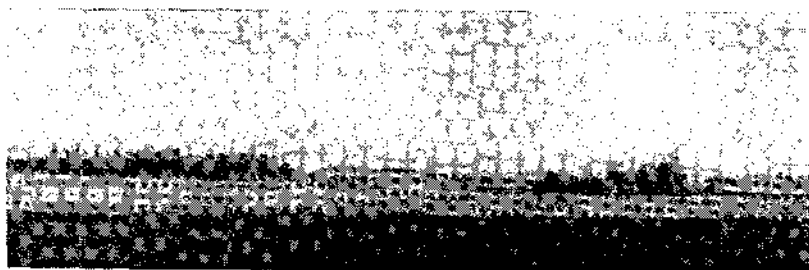


Рис. 90. Березовые колки в степи.

зывает и развитие в этой области гипсоносных валунных глин. Однако значительно меньшее содержание в этом рыхляке окиси железа, наряду с преобладанием кварца, вызывает большую глубину оподзоления.

Повидимому, меньшему содержанию в почвообразующей породе элементов пищи надо приписать замену лесов широколиственных пород лесом березовым, под влиянием чего и встречается *березовая степь*, аналог подобной группировки пермской морены.

Березовая степь постепенно эволюционирует в черноземную степь, покрытую березовыми колками, небольшими лесками и группами берез (рис. 90).

Черноземы этой области отличаются малым содержанием органического вещества, и нередко случаи, что почву ковыльной степи с большим основанием следует признать дерново-подзолистой почвой, чем черноземом.

Ложные солонцы. Необходимо упомянуть о процессе, свойственном всей северной черноземной области. Это — процесс, известный под названием «*ложных солонцов*». Он в еще большей степени распространен в области серых лесных земель.

Образование ложных солонцов в черноземной полосе приурочено преимущественно к области или живой поймы, или к бывшей пойме иссякших рек. В области занесенного делювием притеррасного болота часто сохраняются как реликты прежних притеррасных лесов *густые осиновые леса* — «*гаи*», иногда с густым подлеском ив. В таких лесах поверхность почвы обыкновенно покрыта мертвым покровом. Процесс разложения подстилки идет очень интенсивно, вызывая резко кислую реакцию, и обыкновенно в него вовлекается и органическое вещество чернозема. Верхний горизонт приобретает характер серых комков, густо оплетенных нитями грибницы. Это — случай настоящей деградации чернозема. Под верхним горизонтом отлагается рудяковый горизонт и обособляется мощный горизонт глея.

Каждой весной на элементах рельефа, расположенных ниже по склону, на поверхности почвы выпотевают серый или коричнево-серый, очень тонкозернистый осадок. Такой же осадок пропитывает и весь горизонт чернозема, обращая его в темносерую полуструктурную массу. В особенно больших количествах этот осадок скопляется в углублениях микрорельефа. Растительность чернозема на этих ложных солонцах исчезает и они покрываются карликовыми кустиками очитка (*Sedum acre* L.), спорыша (*Polygonum aviculare* L.), щавелька (*Rumex acetosella* L.), ситника (*Juncus bufonius* L.) и немногими другими. Анализ показывает, что серый осадок состоит из кремнетитановой кислоты (реже из кремневой кислоты, и тогда он белого цвета).

Кремнетитановая кислота, так же как и кремневая, не представляет какого бы то ни было прямого вреда для растений, но она все же влияет тем, что придает почве полную бесструктурность. Однако ее постоянный спутник, апокренат закиси железа, представляет сильный яд для большинства растений, подобно всем солям двухвалентного железа.

Этот процесс в гораздо более широком масштабе можно наблюдать в области серых лесных земель, а в меньшем развитии — в области черноземов, преимущественно в северной части ее и почти исключительно на пойме.

Процесс образования ложных солонцов развивается в области серых лесных земель на внепойменных элементах рельефа тогда, когда водораздел покрыт густым осиновым лесом или дубняком с густой осиновой порослью. Как и в первом случае, каждую весну, во время периода таяния снега, в течение 2—3 недель после схода снега на первой трети склона полосой, ширина которой зависит от степени развития леса и от величины его массива, но которая всегда измеряется десятками или даже сотнями метров, отлагается такой же осадок, иногда достигающий мощности 5—10 см и всегда обладающий ясной кислой реакцией.

В полосе этого осадка ничего не растет, кроме осины и чрезвычайно угнетенных экземпляров вейника (*Calamagrostis epigeios* Roth.).

Иногда это отложение появляется только во впадинах рельефа. Такие впадины носят название «осиновых кустов» или просто «кустов». Иногда к осине приростаются ивы и крушина.

Происхождение этих ложных солонцов объясняется подзолообразовательным процессом, протекающим выше по рельефу в лесу, и движением почвенной воды весной. Ток почвенной воды, выйдя из пределов леса, направляется к поверхности почвы вследствие ее высыхания. Апокренат закиси железа берет свое начало из глеевого горизонта и проникает обыкновенно гораздо дальше по склону, чем кремневая кислота, и откладывается в виде охры вокруг корней микотрофного типца (*Festuca ovina* L.), который только и развивается здесь, часто в группировке с белоусом (*Nardus stricta* L.).

Иногда летом выпот кремневой кислоты исчезает, повидимому, он развевается ветром.

ДЕГРАДАЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ И ПЕРЕХОДНАЯ СТАДИЯ К СТЕПНОМУ ПЕРИОДУ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Комплексность почвенного покрова. — Водный и пищевой режимы черноземных почв. — Последствия изменения водного режима черноземных почв. — Накопление перегноя как причина волосности водного режима. — Эволюция луговой степи в степь. — Флора сухой степи по сезонам. — Общие признаки степного периода почвообразования. — Процесс деградации черноземов. — Элементы и условия плодородия. — Волосное передвижение воды в деградирующих черноземах. — Обособление карбонатного горизонта. — Образование южных черноземов. — Водный баланс бесструктурных почв переходной зоны. — Мертвый горизонт. — Высыхание и выгорание степи летом. — Ливни в степях и образование оврагов. — Последствия аэробного процесса. — Разложение остатков глубококоренных и бобовых растений степи. — Передвижение минеральных соединений в почвах степи. — Богатство степных почв азотом. — Слабая изученность золы степных растений. — Воздействие водного режима степных почв на их минеральные соли. — Обособление солоносного гипсового горизонта. — Бесструктурность почв переходной стадии и степного периода. — Липун. — Образование солонцов. — Передвижение молекулярно-растворимой кремневой кислоты в почвах. — Осолодевание и солоди. — Глубокостолбчатые солонцы.

Южная половина территории СССР охвачена степным периодом почвообразовательного процесса в разных стадиях (фазах) его выражения. Причина этого различия стадий — прежде всего разница абсолютного почвенного возраста территории. На огромной протяженности территории это отражается в форме наличия ряда «почвенных зон». Направление границ почвенных зон отличается прерывистостью и сложностью вследствие одновременности начала и конца и различной продолжительности оледенений феноскандийского, уральского, западно- и восточно-сибирского, дальне-восточного, алтайского, памиро-алайского, афгано-персидского, кавказского и карпатского (их гетерохронизма).

Комплексность почвенного покрова. На фоне этих почвенных зон самыми причудливыми узорами и вкраплениями комплексности почвенного покрова располагается влияние относительного возраста почвы, непрерывно изменяющегося под воздействием свойств почвообразующей породы, современного рельефа, реликтов старого рельефа, измененного денудационной деятельностью воды и ветра, экспозиции и производственного воздействия человека во всей его сложности.

Не следует делать вульгарно-механистического вывода, что отличительные свойства и признаки почв южной половины территории СССР представляют прямое следствие их образования на карбонатной морене. Существо почвообразовательного процесса представляет борьбу двух противоположностей, которые неизбежно возникают во всякой почвообразующей породе при поселении на ней растительных организмов. В результате воздействия на почвообразующую породу растительных формаций, также слагающихся каждая из систем двух противоположностей (зеленые растения автотрофного и гетеротрофного типа корневого питания, незеленые микроорганизмы, аэробные и анаэробные), в породе накапливаются мелкие количественные изменения. Мелкие количественные изменения в течение развития процесса скачком переходят в качественное изменение свойств породы. Изменение свойств породы тотчас отражается на изменении свойств и состава ее биологических элементов. Это изменение, в свою очередь, вызывает изменение климата (в пределах широтных зон).

Во все это сложное переплетение причин и следствий, процессов количественных накоплений, революционных скачков, обособления вновь возникающих качественных противоречий, отрицаемых вновь возникающими отрицаниями, влетает воздействие человека на почву как на основное средство производства

Участие человека в развитии почвы как средства производства, «природной производительной силы», т. е. как «природного тела», используемого в качестве средства производства, также нельзя рассматривать как нечто неизменное и незначительное в своей неизменности.

Участие человека в обособлении почвы непрерывно развивалось под влиянием социально-экономических производственных отношений, усиливаясь под влиянием прогрессивного развития техники, тяжелой промышленности, увеличения энергетических ресурсов, обусловивших массовое изготовление непрерывно совершенствуемых орудий труда как средств производства. Завоевания науки и огромное развитие химической промышленности произвели не менее важное усиление влияния человека на почву. В результате всего комплекса этих взаимоотношений и взаимосвязей мы должны признать как основное положение, что *почва есть продукт труда*. Это положение касается не только тех почв, которые в настоящее время находятся в состоянии «культурных», но и тех почв, которые считаются «целинными». Нахождение во всех подвергающихся обследованию областях многочисленных следов культур народностей, не оставивших следов в истории человечества, властно заставляет признать, что вся поверхность суши земного шара подвергалась неоднократному воздействию труда человека.

Необходимо четко усвоить, что в огромной сложности взаимовлияний процессов, слагающих единый почвообразовательный процесс, значение почвообразующей породы не может быть выдвинуто на первый план как решающий, ведущий фактор. Преобладающая карбонатность морены южной части СССР только усиливает (как и пониженные элементы рельефа или экспозиция склонов) проявление некоторых моментов почвообразования как исторического процесса, протекающего во всей своей сложности под влиянием так называемого абсолютного почвенного возраста страны. Состав почвообразующей породы, так же как и рельеф местности и производственное использование почвы, может только влиять усиливающим (ускоряющим) или ослабляющим (замедляющим) образом на выявление противоречий процесса (наступление фаз, стадий или периодов почвообразования). Это влияние обнимается понятием относительного возраста почвы и лежит в основе так называемой комплексности или пестроты почвенного покрова. Тот же момент лежит в основе (характере) производственного воздействия человека на условия плодородия почвы, как на воплощение прошлого труда.

В первоначальных стадиях развития черноземов почвообразующая порода разделяется давлением корней на граненные комки. Обособившиеся комки пропитываются растворимым перегноем, образующимся при разложении корней, оплетающих комки. Растворимый перегной под влиянием времени, понижения температуры и поглощенного кальция переходит в нерастворимую в воде форму аморфного перегноя, прочно цементирующего механические элементы комка.

Водный и пищевой режимы черноземных почв. В результате прочной, глубокой комковатой структуры развиваются типичные признаки обыкновенных и тучных черноземов. Их совершенная комковатая структура в массе складывается из вполне изолированных друг от друга комков, связанных между собой только густой сетью живых и мертвых корней, оплетающих каждый комок. Такая структура определяет полное отсутствие волосного передвижения воды по массе почвы как и в нисходящем и восходящем, так и в горизонтальном направлениях. Вода проникает в такую почву только в результате ее проницаемости. По пути проникновения в структурную массу почвы вода впитывается в комки вследствие их волосности. При значительном количестве атмосферных осадков (таяния снегового покрова) вода скопится слоем на границе подстилающей лёссовидной (микроагрегатной) почвообразующей породы, и здесь ее движение приобретает тройное изменение. 1. Начинается прогрессивно-замедляющийся, нисходящий волосной ток воды в массу почвообразующей породы, иссушенной зимней перегонкой водяного пара в замерзшие горизонты почвы. 2. Возникает неволосной поток почвенной воды, стекающей с равномерной и чрезвычайно замедленной скоростью по направлению уклона породы. На своем пути этот почвенный поток воды встречает неширокие, но не волосные трещины, всегда изобилующие во всякой (кроме чисто

карбонатной) морене (вследствие последующей осушки отложившейся из тающего материкового льда породы и ее выветривания). 3. Часть воды почвенного потока устремляется по этим трещинам, питает грунтовые воды и регулирует меженный уровень рек. Таков водный режим обыкновенных и тучных черноземов.

Описанный водный режим определяет все функциональные свойства, типичные для черноземных почвенных разностей. Исключительное преобладание нисходящего неволосного тока воды определяет возможность сквозного промывания этих почв. Нисходящий ток регулярно повторяется ежегодно, в период таяния снега весной, когда происходит и быстрое нагревание темноокрашенной почвы; менее регулярно возникает глубокое промывание почвы летом под влиянием продолжительных ливней или во время затяжных, «обложных» дождей. Сквозное промывание всегда направляется от более теплых горизонтов почвы к более холодным слоям почвообразующей породы. При таких условиях температуры вода по мере проникновения в глубину все больше насыщается углекислотой и, переводя все возрастающее количество нерастворимого углекислого кальция в воднорастворимый бикарбонат кальция, легко выщелачивает его до грунтовых вод. Этот процесс осуществляется только в почвенных горизонтах, так как, вследствие малой растворимости бикарбоната кальция в воде, в почвообразующую породу проникает уже насыщенный его раствор. В результате этого процесса обыкновенный и тучный черноземы не вскипают с кислотой и содержат кальций (и магний) только в состоянии обменных катионов, поглощенных перегноем и окисями железа и марганца в обыкновенных черноземах и перегноем, окисями железа и марганца и алюмокремневой кислотой в тучных черноземах. Поглощение катиона кальция (и магния) происходит из солей этих оснований с сильными кислотами (преимущественно с серной, отчасти с азотной). Наличие этих солей определяется в верхних горизонтах черноземов аэробным разложением органических остатков (преимущественно бобовых растений). В глубоких горизонтах присутствие упомянутых солей обязано разложению углекислого кальция анионами сильных кислот, освобождающихся при поглощении катиона кальция в верхних горизонтах.

Остальные соли, освобождающиеся при аэробном разложении органических остатков в поверхностном горизонте чернозема, частью вымываются в грунтовые воды повторными нисходящими неволосными токами воды, частью вновь поглощаются новым поколением, преимущественно лугово-степных злаков, вегетирующих с самой ранней весны до наступления зимы.

Существенное свойство луговой растительной формации, ежегодное отложение в массу почвы под покровом этой флоры растительных остатков и перегноя, должно неизбежно привести путем накопления количественных изменений к обособлению качественно различных свойств среды, в которой осуществляется процесс накопления. Также неизбежно должны перейти в свою противоположность и функциональные условия среды развития растений, что, в свою очередь, должно обусловить смену флоры иной растительной группировкой, приспособленной к использованию новых условий.

Последствия изменения водного режима черноземных почв. Главную причину смены растительности черноземной степи представляет изменение водного режима почвы. Из предыдущего анализа водного режима обыкновенного и тучного черноземов с очевидностью вытекает способность этих почв вмещать в своей массе все годовое количество атмосферных осадков. К этой воде присоединяется и то ее количество, которое зимой скопится в почве путем перегонки водяного пара из горизонтов почвообразующей породы.

Этот предельный по своей абсолютной величине запас воды отличается одновременно и предельной прочностью. Под прочным запасом воды в почве я разумю то количество ее, которое находится в исключительном распоряжении произрастающих на почве растений и не может подвергаться бесполезной (с точки зрения агротехники) потере помимо растения. В рассматриваемом случае такой расход воды помимо растения сводится к двум моментам. К первому моменту относится просачивание ее в грунтовые воды. Этот расход воды (который не может быть

признан бесполезным с народнохозяйственной точки зрения), вследствие малой скорости движения нисходящих струй в узких трещинах массы породы, не может быть большим, судя по тому, что колебание годовых количеств атмосферных осадков отражается на колебаниях уровня грунтовых вод иногда по прошествии нескольких лет. Второй момент представляет непосредственное испарение воды с поверхности почвы помимо растений. В условиях черноземной степи этот момент сводится к ничтожной величине вследствие того, что поверхность почвы целинной черноземной степи всегда покрыта слоем в 1—2 см мертвого покрова из надземных растительных остатков. Как только верхний слой этого покрова высохнет на несколько миллиметров, он разрыхлится вследствие уменьшения объема элементов мертвого органического покрова при высыхании, и всякое испарение воды прекращается.

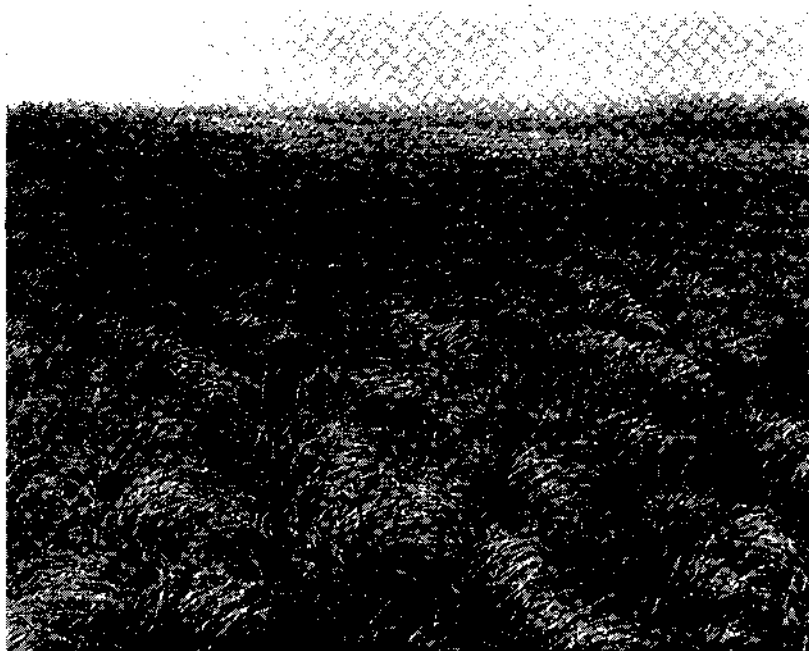


Рис. 91. Ковыльная степь (по Б. Келлеру).

Таким образом почти весь очень значительный запас воды обыкновенных и тучных черноземов находится почти исключительно в распоряжении покрывающих целинную черноземную степь растений.

Испарение воды целинной черноземной почвой происходит равномерно и одновременно из всей массы почвы, пронизанной корнями растений. Уже по одной этой причине, отсутствие разности потенциалов (напряжения) влажности в различных горизонтах целинной черноземной почвы, в ней не может возникнуть волосной ток воды в каком бы то ни было направлении. Кроме того, полная изолированность каждого комка черноземной почвы одного от другого служит таким же непреодолимым препятствием для возникновения волосного тока в любом направлении. Условия обеспеченности растений усвояемыми минеральными формами зольной и азотной пищи во всей пронизанной корнями толще обыкновенного и тучного черноземов также представлены в наиболее совершенном выражении. Все элементы пищи растений при аэробном разложении органических остатков в поверхностном горизонте чернозема выделяются в усвояемых минеральных формах, проникают в толщу черноземной почвы, растворяясь в воде нисходящего неволосного тока, и впитываются в высушенные корнями комки чернозема.

Таким образом условия максимального плодородия почвы, т. е. одновременное и непрерывное снабжение растений максимальным необходимым ему количеством

воды и усвояемыми формами всех элементов зольной пищи и минеральных соединений азота при слабокислой реакции почвы, осуществляются в полной мере в обыкновенном и тучном черноземах. Результат такого осуществления условия плодородия почвы выражается в максимальной урожайности структурной черноземной почвы и в полной (100%) эффективности использования растениями как воды, так и всех элементов их пищи.

Накопление перегноя как причина волосности водного режима. Свойство растений луговой растительной формации ежегодно откладывать в массу почвы органические остатки и перегной привело к созданию прочной рыхлой комковатой структуры, определившей неосуществимость в черноземе волосного водного режима. Дальнейший ход процесса, очевидно, должен привести к заполнению всех неволосных промежутков между комками массой органических остатков. Перегной, который в начале процесса всасывался комками, начинает также накапливаться между комками, и очевидно, что с течением времени вся масса черноземной почвы сольется сплошь в одно волосное тело.

Ясно, что водный режим такой почвы должен коренным образом измениться. Дождевые воды могут проникать в такую почву только волосным током, т. е. с прогрессивно замедляющейся скоростью, и, как показывает опыт, в среднем в почву проникает около 30% дождевой воды, а 70% всего количества жидких атмосферных осадков стекает по уклону поверхности. Еще хуже обстоит дело с весенней снеговой водой. Ранней весной во всякой почве наступает первый количественный максимум влажности, т. е. все *волосные* промежутки почвы заполнены водой. Так как в рассматриваемом случае *все* промежутки почвы только волосные, то очевидно, что к моменту весеннего таяния снега масса почвы заполнена волосной водой, и так как эта вода не подчиняется гидростатическому давлению, то все количество снеговой воды должно стекать и стекает по уклону поверхности почвы. Так как в среднем в широтной зоне умеренного климата количество атмосферных осадков, выпадающих в форме дождя, грубо приблизительно равно выпадающим в форме снега, то в грубом приближении в почву в этих условиях может проникнуть лишь 15% годового количества осадков исключительно в форме волосной воды.

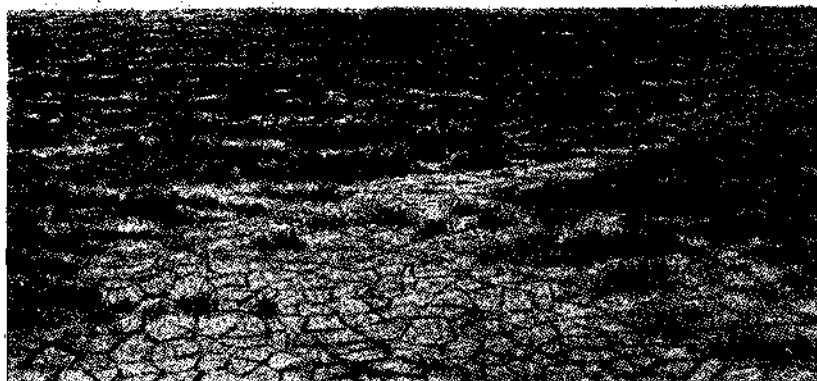
Весенний запас воды, очевидно меньший, чем в начальной фазе развития черноземной стадии дернового периода, быстро используется богатой весенней флорой черноземной степи, и дальнейшее развитие луговой растительности будет целиком паходиться в зависимости от частоты выпадения дождей. Запас воды в почве, возобновляемый летними дождями, также будет быстро использован флорой луговой степи. Таким образом прежний, устойчивый водный режим луговой степи сменился прерывистым: полной обеспеченностью флоры водой в течение весны и летними засухами.

Эволюция луговой степи в степь. Под влиянием этих летних перерывов должно прекратиться вызревание семян луговых растений, их плодущие побеги отмирают, не успев образовать вполне вызревших семян, и луговая флора продолжает размножаться только вегетативными побегами. Вегетативное размножение растительного организма не может продолжаться беспрестанно долгое время. После определенного срока вегетативного размножения, срока, различного для различных видов, растение целиком отмирает и должно смениться новым, развившимся из семени. Очевидно, что сменить природно отмирающую флору луговой степи могут только такие растения, которые успевают образовать спелые семена до начала наступления летней засухи. Такими растениями могут быть однолетние и многолетние с коротким периодом произрастания, семена которых созревают до наступления летней засухи и заносятся ветром, животными и т. д. Кроме того, остаются и из первоначальной флоры луговой степи такие расы, которые успели образовать спелые семена до наступления летней засухи и закрепили эту способность путем природного отбора.

После обособления летних засух бесструктурная масса, пронизанная насквозь органическими веществами, в которую обратились обыкновенные и тучные черноземы, разрывается глубокими трещинами на всю глубину перегнойного горизон-

та. Трещины замыкались только к концу зимы, и всю вторую половину лета и осень в толщу чернозема проникал воздух. Масса перегной усиленно разлагалась и вовлекала в разложение и минеральную почву. Наступал процесс настоящей деградации черноземов. Весенние эфемеры не могли восполнить количественных утрат перегной. Аэробный бактериальный процесс, раз он начался, не может быть прекращен высыханием субстрата в природной обстановке. Потребная для его течения влажность поддерживается той водой, которая образуется при аэробном бактериальном распаде органического вещества. Нелетучие продукты этого распада по трещинам (до их зимнего смыкания) вымываются из почвы. Вследствие преобладания солей одновалентных металлов вытесняется поглощенный ион кальция.

С появлением рано отмирающей флоры однолетних и многолетних растений произойдет резкое изменение условий почвообразования. Отмирание этих растений обусловлено, как и само появление их, наступлением летней засухи. Одно-



Р и с. 92. Чернопылиная степь после выгорания весенней растительности. На переднем плане видны делювиальные сносы, покрытые трещинами.

летники отмирают со всей корневой системой; что касается рано отмирающих «многолетних эфемеров», то у них все плодоносившие побеги также отмирают целиком со всеми подземными органами, кроме остающихся в почве вновь образовавшихся луковиц, клубней или укороченных корневищ, которые развивают новые корни лишь только осенью, при наступлении дождливого периода. Живыми со всей корневой системой остаются только неплодоносившие подземные стеблевые органы многолетних растений «степной» растительной формации. Надземные органы их плодоносивших побегов отмирают целиком, а их корневая система и вегетативные побеги, начавшие развиваться с момента зацветания плодущих побегов из их узлов кущения, остаются живыми, и неплодоносившие побеги во время засухи только утрачивают свои листья и лишь с наступлением осенних дождей вновь возобновляют кущение, прерванное засухой. Корневая система плодоносивших побегов отмирает зимой.

Вся масса отмирающего летом органического вещества откладывается в почве, когда содержание воды в ней достигает минимума. Этот глубокий летний минимум влажности, при котором содержание воды в почве падает ниже мертвого запаса, и представляет первоначальную причину «выгорания» степи. Ясно, что на место испаренной воды во все волосные промежутки почвы проникнет воздух,

и во всей массе почвы установятся условия аэробнозиса. Процесс поглощения кислорода воздуха поверхностным слоем органического вещества, бывший в массе почвы «черноземной степи» причиной преобладания анаэробнозиса, уже не может проявиться в условиях «сухой степи».

Поверхность почвы черноземной степи всегда покрыта сплошным дерном, и почва нигде не выступает на свет. Отмирающая ежегодно максимальная у поверхности почвы масса органического вещества располагается в виде густой пространственной сети, легко задерживающей в самом тонком слое весь кислород, проникающий в почву. В обстановке сухой степи почва только ранней весной, во время первого максимума влажности почвы, покрыта сплошным растительным покровом, не образующим, однако, дерна. Отмирание растительности совершается скачками. Первыми отмирают многолетние весенние эфемеры, и их широко рассеянные остатки быстро разлагаются при высокой температуре. За ними через несколько времени следуют однолетние эфемеры, отмирающие при таких же условиях и с такими же последствиями. Отмирание растений в пределах каждой упомянутой группы совершается также скачками в связи с различной «скоропелостью» слагающих их видов и разновидностей. Освободившиеся после отмирания двух первых групп растений пространства уже не могут быть заняты другими растениями: поверхность почвы настолько высохла, что возможность прорастания семян исключена.

Изреженность растительного покрова — отсутствие сомкнутой дернины — формальный признак, отличающий степь от луга. Сомкнутая дернина, характерная для черноземов «луговой степи», начинает прогрессивно деградировать и скачками переходить в «изреживающийся травянистый покров», открывающий обнажающуюся почву «сухой степи».

С этого времени флора степи представлена в основном злаками и осоками с примесью значительного числа бобовых. В этот основной фон степи вкраплены в разнообразных количествах, главным образом в зависимости от увеличивающегося содержания в почве степи солей, и представители солянок, сложноцветных, губоцветных, крестоцветных и растений других семейств.

Флора сухой степи по сезонам. Главный злак степи — *типец* (*Festuca sulcata* Hackel.). Его огромное хозяйственное значение заключается в том, что после созревания плодов типец с ранней осени развивает большое количество укороченных побегов, которые сохраняются в течение всей зимы и служат основой зимнего пастбищного содержания скота. Наряду с типцом большое значение имеют также две степные осоки (*Carex stenophylla* Wahlenb. и *C. physodes* M. B.); из бобовых выдающееся значение имеют желтая люцерна (*Medicago falcata* L.), персидский клевер (*Trifolium resupinatum* L.), клевер подземный (*T. subterraneum* L.), клевер земляничный, или пустоягодник (*T. fragiferum*), многие виды астрагалов (*Astragalus*), верблюжья колючка (*Alhagi camelorum* L.) и несколько видов солодки (*Glycyrrhiza*). Это, собственно, степная флора, которая остается на ней до начала лета.

После отмирания плодоносивших побегов этих растений их органические остатки подвергаются также преимущественно аэробному разложению, так как сплошной покров многолетнего дерна, типичный для луга и луговой степи, отсутствует; остатки эфемеров и однолетников уже успели разложиться, и ничто не препятствует свободному проникновению кислорода в массу почвы сухой степи. После отмирания основной массы растительности сухая степь вступает в свой ранний осенний (или поздний летний) ландшафт, слагающийся из еще более изреженного стояния глубококоренных многолетников (полыней, кермеков, астрагалов, люцерн), вегетирующих до глубокой осени, когда с началом осенних дождей к ним присоединяются вновь развивающиеся вегетативные побеги злаков и осок, надземные части которых убиваются только зимними морозами (кроме типца, сохраняющего зеленые листья в течение всей зимы).

Кроме флоры высших растений, поверхность степи, в особенности высокой, всегда покрыта большим количеством водорослей, грибов, мхов и лишайников, в числе последних и кочующим лишайником.

Общие признаки степного периода почвообразования. Совершенно ясно, что раз в почве периодически в течение каждого лета устанавливаются ярко выраженные условия аэробизиса, то не только прекращается процесс накопления в почве органических остатков и перегноя, но должен установиться и процесс разрушения органических остатков и перегноя, раньше накопленных в течение дернового периода почвообразовательного процесса. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока дерновый период, развиваясь в порядке своего затухания, не перейдет в свою противоположность, в степной период почвообразовательного процесса.

Проявление степного периода воспринимается нами в стадии апогея его прогрессивного развития, в форме почвенной «зоны» *сухих степей*, сложенной в основном почвенным покровом, обладающим тремя общими функциональными свойствами, *бесперегнойностью, бесструктурностью и соленосностью*.

Такие бесперегнойные почвы, содержащие от 1 до 2% органического вещества, состоящего исключительно из *живых* органов растений и из микроорганизмов, в полной мере сохраняют способность избирательного «поглощения» элементов пищи растений.

Яркая иллюстрация положения, что *избирательная «поглощительная способность»* представляет *качественный признак развивающихся на нем и в его массе живых организмов, а не минерального субстрата почвы*, в что понятие о почве неотделимо от понятия развития в ней *живых организмов*.

Процесс деградации черноземов. Не менее ясно, что переход дернового периода почвообразовательного процесса в его степной период должен протекать во времени, в течение которого должны *развиться* общие функциональные свойства почвенного покрова сухой степи из *противоположных функциональных свойств* почвенного покрова черноземной степи — его *перегнойности, структурности и несолености*. Этот процесс может быть, по существу, characterized как процесс *деградации* почвенного покрова черноземной зоны, а ту область, которая в настоящее время переживает процесс перехода дернового периода почвообразования в нарастающий процесс его степного периода, можно назвать *зоной деградирования черноземов*, употребляя слово «деградация» в смысле сокращенной характеристики процесса разрушения ранее накопленных в почве органических остатков и перегноя (а не в обычном неопределенном понимании почвоведом-морфологов).

Процесс деградации нельзя рассматривать вне его взаимозависимости с очень сложными условиями окружающей среды, условиями, которые, в свою очередь, подвержены непрерывному процессу изменения под влиянием прогрессивного развития или затухания самого процесса деградации.

Развитие последствий заполнения неволосяных промежутков между комками структурных черноземов органическим веществом чрезвычайно многообразно и сильно осложняется влиянием на ход развития природного почвообразовательного процесса результатов примитивных приемов воздействия человеческого общества на почву как на «всеобщее средство производства».

Хищнические приемы использования, *эксплуатации* природных производительных сил почвы в продолжение всех эпох классового общественного строя (рабовладельческой, феодальной, капиталистической) нельзя характеризовать иначе как примитивные.

Элементы и условия плодородия. Использование *элементов* плодородия почвы, воды и пищи растений (факторов жизни зеленых растений, а следовательно, и урожайности сельскохозяйственных угодий) не может осуществляться иначе, как в неизбежном сопровождении процесса нарушения *условий* ее плодородия. Нарушение условий плодородия почвы — синоним разрушения прочности структурных элементов почвы, а следовательно, и самой структуры. Утрата почвой структуры неизбежно вызывает процесс *антагонизма элементов плодородия почвы* и отбрасывает сельскохозяйственное производство в стадию его примитивной варварской *стихийности*.

Этот путь господствует при капиталистических условиях землепользования и землевладения. Он находится в непримиримом противоречии с главнейшей

основой бесклассового общественного строя, с высокой производительностью труда.

Поэтому всякая попытка осуществить в условиях социалистического строя техническую организацию сельскохозяйственного производства на основе механического перенесения систем агротехнических мероприятий, выработанных в условиях капиталистического строя, без их углубленного детального диалектического анализа, заранее принципиально обречена на неудачу.

В условиях настоящего исторического момента ко всем подобным попыткам нужно относиться с чрезвычайным вниманием, с напряженной партийной бдительностью. Нельзя терпеть вылазок врагов социалистического строя, как бы тщательно они ни старались прикрыться лозунгом «аполитической» или «объективной» науки. Нельзя терпеть, чтобы под прикрытием этого на первый взгляд невинного, но по существу не нашего, не советского лозунга враги пытались протаскивать в социалистическую хозяйственно-экономическую организацию производства агротехнические мероприятия, которые носят в себе пороки и задатки отрицательного влияния, созданные капиталистическими общественными отношениями.

В настоящий исторический момент, когда победоносный рабочий класс и колхозное крестьянство под твердым руководством ЦК большевистской партии и ее вождя товарища Сталина развернутым фронтом ведут борьбу за дальнейший расцвет социалистических форм организации сельскохозяйственного производства, в этот момент в вузах, академиях, исследовательских учреждениях, ведомствах, также протекает напряженная борьба за дальнейшие победы и развитие социалистического строя, за условия высокой производительности социалистического общественного труда. На научном фронте враг также еще не добит и продолжает свою гнусную работу. Только в таком аспекте можно рассматривать разоблаченные попытки вредительства в области сельскохозяйственной техники.

И так же приходится расценивать те «заблуждения» и «допущенные ошибки» неисправимых, по существу, защитников механического перенесения архаизмов тысячелетнего развития классового общества в условия социалистического общества, существующего только двадцать лет.

В глубокой убежденности в верности ленинского положения о значении высокой производительности труда для нового общественного строя лежит стимул неуклонной большевистской стойкости защитников и пропагандистов создания условий высшей производительности труда в крупном социалистическом сельскохозяйственном производстве.

Установившееся в течение природного развития почвообразовательного процесса преобладание волосного водного режима во всей массе обыкновенного и тучного черноземов влечет за собой ряд последствий, связанных многообразной диалектической причинной взаимозависимостью. В эту взаимозависимость вовлекаются не только элементы почвенного покрова, но и элементы окружающей среды, т. е. климата, и ясно, что взаимосвязь элементов почвенного покрова и элементов климата должна немедленно отразиться на характере производственного использования почвы, ввода его, как и во всех периодах почвообразования, в число взаимозависящих элементов, слагающих почвообразовательный процесс.

Волосное передвижение воды в деградирующих черноземах. Условия волосного передвижения воды в разные сезоны вегетационного периода рассматриваемой стадии развития черноземов будут различны в зависимости от направления движения.

Нисходящий ранний весенний ток, путем которого «рассасывается» первый весенний максимум влажности, осуществляется в двух направлениях. Тотчас по сходе снегового покрова и по оттаивании почвы установится восходящий ток, побуждаемый высыхающей поверхностью почвы. Ток этот быстро затухает под влиянием прогрессивного развития надземных органов растительности, которые быстро перенесут процесс высыхания почвы в ее массу, пронизанную корнями растительности. Только во вспаханной и не занятой озимыми посевами и свобод-

ной от озимых и корневищевых сорняков почве этот весенний восходящий ток воды может получить длительное выражение. Одновременно с восходящим током весной разовьется и нисходящий ток от нижней границы горизонта первого весеннего максимума влажности, побуждаемый большой сухостью глубоких горизонтов, высушенных зимней перегонкой водяного пара. Весенний нисходящий ток отличается в среднем большей продолжительностью, чем восходящий.

Совокупность этих процессов объясняет существование часто встречающихся в природных условиях одной или нескольких прослоек более влажной почвы, или так называемой «висячей воды», не прибегая к допущению второго слоя, так называемой «пленочной формы воды». Последняя гипотеза противоречит независимости волосного движения воды от влияния силы тяжести и гидростатического давления. Она могла возникнуть только в результате применения при опытах механических сил такой интенсивности, которая никогда не встречается в природных условиях. Такие механические опыты в искусственной обстановке лишней раз подтверждают положение, что в природе не существует твердых перегородок между процессами и что различные процессы и свойства природных тел, воспринимаемые нами как самостоятельные, в действительности представляют проявление различных форм движения материи, неотъемлемого свойства, присущего материи, как время и пространство. Вместе с тем такие механические опыты ни в какой мере не могут служить основанием для отрицания диалектического скачка при переходе количества в качество.

Обособление карбонатного горизонта. Весенний нисходящий волосной ток воды проходит в таких же термических условиях, как существовавший раньше неволосной. Он переходит из уже прогретых верхних горизонтов в более холодные, еще не прогретые нижние горизонты почвы. Очевидно, он может оказать такое же выщелачивающее влияние на углекислую окись кальция карбонатной и пермской морен, как и неволосной ток. Неволосной ток производил сквозное промывание толщи почвы и уносил растворенный бикарбонат извести в поток грунтовой воды. Проникновение волосной воды ограничено новыми волосными свойствами почвы. Даже в случае мощности почвы меньшей, чем та глубина, на которую может проникнуть прогрессивно затухающий ток волосной воды, нисходящий ток волосной воды не может превратиться в неволосной и проникает исключительно до глубины, определяемой средней крупностью микроагрегатов лёссовидной породы.

Когда нисходящий волосной ток воды под влиянием иссушения поверхностного слоя почвы неизбежно превратится в восходящий, то его движение будет совершаться в диаметрально противоположных условиях температуры. Вода будет беспрерывно выделять растворенную в ней углекислоту, бикарбонат извести будет обращаться в карбонат кальция, который вследствие своей нерастворимости будет оседать в массе породы, в том горизонте ее, где осуществилось преобразование нисходящего тока воды в восходящий. В результате ежегодного повторения этого процесса на глубине предельного волосного промокания породы обособится горизонт, обогащенный карбонатом кальция, иначе горизонт бурного вскипания породы с кислотой. Так как глубина горизонта перехода нисходящего тока волосной воды в восходящий ежегодно изменяется в зависимости от состояния погоды, определяющего быстроту высыхания верхнего слоя почвы, то и горизонт бурного вскипания почвы всегда получается растянутым, достигая часто нескольких десятков сантиметров мощности.

Горизонт бурного вскипания, или карбонатный горизонт, представляет типичный признак всех разновидностей почв переходной и степной почвенных зон. Развитие его может быть выражено очень различно, от простого вскипания на водоразделах до обособления ярко оформленного, «уплотненного» горизонта мощностью до 50 см в отрицательных элементах рельефа. В горных местностях с ярко выраженным рельефом приток бикарбоната настолько ярко выражен, что развитие уплотненного горизонта захватывает всю толщу почвы и, начиная с самой поверхности и до глубины около 50 см, вся почва цементирована углекислым кальцием. Несомненно, что в данном случае к волосному току присоединяется и ток почвен-

ной воды (Дагестанская АССР). Образуются так называемые «карбонатные солончаки».

Часто приписывают уплотненному горизонту, вследствие его большой плотности, функцию расчленения всего водного режима всей толщи рыхляковой породы на два изолированных водных режима: нижний, берущий начало в горизонте грунтовой воды, и верхний, возникающий в результате волосного проникновения атмосферной воды в почву. С этим нельзя согласиться как с элементарной ошибкой дедуктивного мышления, рассматривающего процессы в статическом разрезе и с морфологической стороны. Образование уплотненного карбонатного горизонта представляет следствие, а не причину ограниченности глубины про-

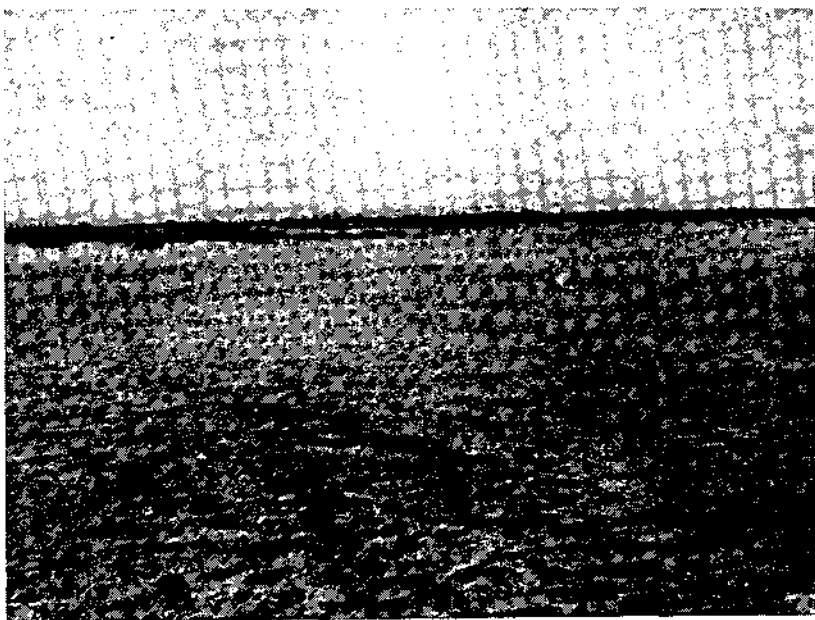


Рис. 93. Горизонт бурного вскипания и гипсеоносный горизонт, выступающие в понижениях рельефа на поверхность и образующие так называемые пухлые солончаки. Кокандский район Узбекской ССР, кишлак Нияз-Бек.

никновения нисходящего волосного тока воды в бесструктурную почву вследствие прогрессивной замедленности этого нисходящего движения и неизбежного перехода его в восходящее, скорость которого зависит от условий, в которых оно совершается. Влияние уплотненного карбонатного горизонта на разобщение грунтового волосного водного режима от поверхностного может иметь место только в двух случаях: когда уровень грунтовой воды (неволосной) повысится вследствие гидростатического давления до расстояния около 2 м (в среднем) от поверхности. В этом случае восходящий ток воды, дойдя до уплотненного горизонта, претерпит в нем настолько сильное замедление, что часто этот горизонт приходится рассматривать как практически непроницаемый. То же явление может встретиться и в том случае, когда поверхность почвы изменит свою абсолютную высоту (например путем развевания или смыва). В этом случае нисходящий волосной ток будет стремиться проникнуть глубже уплотненного горизонта, и это окажется возможным вследствие чрезвычайной постепенности перехода тонких капилляров карбонатного горизонта в более широкие капилляры лёссовидной породы. Так как при нисходящем токе во втором случае сохраняются прежние термические условия, понижения температуры по мере углубления тока воды, то это влияет на передви-

жение карбонатного горизонта на большую глубину и часто приводит к образованию двух и большего числа карбонатных горизонтов.

Отложение углекислой извести в лёссовидных породах всегда происходит в чрезвычайно тонко измельченной аморфной форме. Только в очень грубчастичном обломочном рухляке известняков встречаются кристаллические, сталактитообразные натеки известкового шпата.

Очевидно, что позднее весеннее, летнее и раннее осеннее движение волосной воды будет в среднем протекать в одних и тех же термических условиях: нисходящий ток — в условиях понижающейся с глубиной температуры, восходящий ток — в условиях повышающейся с приближением к поверхности почвы температуры. Поэтому и влияние всей совокупности этих токов на передвижение бикарбоната окиси кальция и отложение карбоната извести будет такое же, как только что описанное.

Совсем в других условиях будет происходить более позднее осеннее движение волосной воды. Максимум температуры почвы, начиная с лета, медленно передвигается в глубину, постепенно уменьшаясь в своем абсолютном выражении. И с осени начинаются охлаждение почвы с поверхности и постепенное затухание с глубиной повышенной летней температуры. Поэтому восходящие осенние токи почвенной волосной воды, возникающие во время всякого перерыва осенних дождей, неизменно совершаются по направлению от более теплых слоев почвы к более холодным. В сплошной волосной массе почвы весь запас воды в ней охватывается этим движением, которое не прекращается и после замерзания почвы, когда усилившийся процесс сгущения водяного пара в лед непрерывно поддерживает постепенно углубляющуюся разность влажности, стимул восходящего волосного тока.

Таким образом восходящий волосной ток воды в течение всей зимы будет вновь растворять в карбонатном горизонте углекислую известь и, обращая ее в бикарбонат кальция, разносить его вверх по всей массе незамерзшей почвы. Ранний весенний восходящий волосной ток, совершающийся в тех же термических условиях до начала прогревания почвы, пропитывает бикарбонатом извести и весь промерзавший слой чернозема.

Образование южных черноземов. Очевидно, что условия рельефа, развевания и смыва почвы, так же как и условия сельскохозяйственного использования почвы, создадут бесчисленное разнообразие глубины и интенсивности нового признака чернозема, его *вскипание с кислотой по всему разрезу вплоть до поверхности*. Этот признак лежит в основе выделения новой разности (стадии развития), так называемого *южного чернозема* (приазовского, предкавказского, кубанского), очевидно, принадлежащего к переходной зоне (первоначальная фаза развития переходной стадии от черноземной стадии дернового периода к степному периоду).

Водный баланс бесструктурных почв переходной зоны. Не менее глубокие и сложные процессы, развивающиеся под влиянием волосного водного режима почв переходной зоны, охватят и водный баланс самой почвы. Мы уже коснулись одного из функциональных следствий бесструктурности почвенного покрова переходной зоны, незначительности и эфемерности запаса воды в почвах этой зоны.

Вследствие чрезвычайной медленности волосного нисходящего движения воды в бесструктурной почве (причины сельской осенней дорожной распутицы), осенний запас воды в такой почве не может охватить значительные ее толщи. Осенью запас воды в почве достигает лишь своего второго максимума. Поэтому процесс зимней перегонки воды из незамерзших горизонтов в замерзшие получает значительное количественное выражение, т. е. иссушение горизонта почвообразующей породы будет значительное. Эта потеря воды почвообразующей породой будет безвозвратной. Тотчас по оттаивании почвы начнется испарение воды поверхностью почвы, количественное выражение которого будет максимальным при всяких условиях вследствие максимального содержания воды в почве (первый весенний максимум воды равен полной волосной влагоемкости, а так как все промежутки бесструктурной почвы волосные, то в бесструктурной почве он равен полной ее

влагоемкости). Сильное испарение поверхности почвы вызовет энергичный восходящий волосной ток воды, равномерный или ускоренный (в зависимости от условий погоды).

Одновременно с восходящим током возникает и нисходящий волосной ток воды от горизонта весеннего максимума к горизонту, иссушенному зимой, ток, прогрессивно замедляющийся. Этот последний ток очень скоро прекратится и будет обращен в ток восходящий, переменной скорости, направленный в область развития корневой системы растений, покрывающих почву. Очевидно, что как только начнут развиваться надземные органы растительного покрова почвы, так тотчас все испарение воды будет перенесено в горизонт распространения корневой системы растений. Это испарение воды всей массой пронизанной корнями почвы сразу прекратит непосредственное испарение воды поверхностью почвы, а следовательно, и возбуждаемый им восходящий к поверхности ток воды. В то же время иссушение корнеобитаемого горизонта немедленно вызовет восходящий переменной скорости ток из почвообразующей породы. Этот восходящий ток и остановит нисходящий весенний ток, направленный к почвообразующей породе. Таким образом все количество воды, перенесенное зимой в замерзающий горизонт, будет им испарено в течение вегетационного периода. Процесс повторяется ежегодно.

Пополнение количества воды, утраченной почвообразующей породой, путем зимней перегонки из еще более глубоких слоев неосуществимо. Глубокие слои отличаются постоянством одинаковой температуры в течение круглого года; ниже этого горизонта идет постепенное нарастание температуры (термический градиент Земли). При таких условиях процесс перегонки неосуществим или осуществляется в ничтожном количественном выражении. Также неосуществимо пополнение воды иссушенного горизонта водой атмосферных осадков, вследствие ограниченности глубины их волосного проникновения в бесструктурную почву (средний максимум — 2 м, максимум для лёссовидных пород — 1,5 м).

Мертвый горизонт. В результате комбинации разобранных процессов по всей переходной зоне бесструктурных почв, начиная со средней максимальной глубины в 1,5 м и вплоть до бывшего первого горизонта грунтовых вод, установится так называемый *мертвый горизонт* (Г. Н. Высоцкий). Мертвый горизонт отличается постоянством минимального содержания воды, определяемого термодинамическими условиями его залегания. Содержание воды в нем лежит ниже предела возможности ее проникновения в корни растений.

Очевидным функциональным следствием установления мертвого горизонта в переходной зоне будет крайнее уменьшение *абсолютной* величины запаса воды первого весеннего максимума влажности почвы. Ясно, что это абсолютное количество должно быть равно величине второго осеннего максимума предыдущего года, так как только из этого запаса может осуществляться зимняя перегонка воды в замерзший слой почвы. В течение зимы в этих условиях может произойти только перераспределение расположения запаса по толще почвы. Осенью проникшее в почву количество воды находилось в состоянии нисходящего движения. Замерзание почвы остановит это движение, и под влиянием перегонки водяного пара с нижней границы промокшего слоя и конденсации пара в ледяные кристаллы поверхностных горизонтов все количество проникшей осенью в почву воды окажется сосредоточенным в поверхностном горизонте до полного насыщения его волосной, а следовательно, и полной влагоемкости.

Высыхание и выгорание степи летом. Следствием малой прочности небольшого весеннего запаса воды в бесструктурной почве переходной зоны будет быстрое выгорание растительного покрова степи, кроме группы глубококоренных растений, черпающих воду из горизонтов грунтовой воды, лежащих ниже бывшего первого. Выпадающие летние дожди только в редких случаях, при большой частоте их выпадения, могут изменить создавшиеся условия. Обычные короткие ливневые осадки никакого значения не имеют вследствие непрочности (быстрого испарения) небольшого запаса воды, который они могут создавать в почве.

Высокая степень высыхания степи в период выгорания повлечет сильное уменьшение объема органических остатков и перегноя, заполняющих все промежутки между комками и находившихся весной в состоянии крайнего набухания от влажности. Так как органическое вещество пронизывает сплошной сетью всю массу почвы, совершенно изолируя каждый комок один от другого, то высыхание органического вещества вызовет сильное сокращение объема всей массы почвы и образование в ней глубоких трещин.

Поэтому в массу почвы, в которой только что начался процесс аэробного разложения отмершей растительности, проникает атмосферный воздух. Проникновение кислорода не только обеспечит беспрепятственное аэробное разложение глубоких частей свежесотворенных корней, но и вовлечет в это разложение и массу остатков ранее отмерших корней и перегноя, накопленных в течение стадии преобладания анаэробного процесса. Аэробный процесс начинается с момента выгорания степи, когда корневая масса отмершей растительности еще содержит некоторое количество вегетационной воды. Раз аэробный процесс начался, то природное высыхание разлагающегося вещества, особенно в условиях почвенной массы, не может его остановить. Обязательный продукт этого разложения — вода, и она непрерывно поддерживает необходимую влажность субстрата. Этим путем вовлекается в аэробное разложение и весь раньше накопленный почвой запас органического вещества.

Процесс аэробного разрушения органического вещества почвы переходной зоны стимулируется еще и процессом циркуляции в почве раствора бикарбоната окиси кальция. Этот раствор нейтрализует образующиеся в процессе аэробизации азотистую и азотную кислоты, равно как и свободную ульминовую и другие органические кислоты, образующиеся во время анаэробных фаз процесса деградации чернозема, сменяющих аэробную фазу после смыкания трещин почвы при наступлении осеннего периода дождей. Поэтому и анаэробный процесс в почвах переходной зоны должен также утратить свой существенный признак, накопление органического вещества, как он утрачивает его в условиях притеррасной области в области поймы лесо-луговой растительной зоны.

Ливни в степях и образование оврагов. Образование летом глубоких трещин в почвах переходной зоны играет большую роль в развитии уже упоминавшегося процесса образования оврагов. Летние дожди переходной зоны, несущие преимущественно характер ливней, обрушивают на поверхность бесструктурной почвы большие массы воды в короткие промежутки времени. Вода, не успевая проникнуть в массу почвы прогрессивно замедляющимся волосным током, устремляется бурным потоком по уклону поверхности. Ливневые дожди охватывают одновременно небольшие территории. Когда территория ливня занимает часть водораздела или верхних элементов склонов, то вода ливневого делювиального потока, устремляясь по уклону, встречает трещины почвы. Заполняя трещины, направленные поперек склона, вода впитывается в органическое вещество, и трещина замыкается. Но когда поток ливневой воды попадает в трещину, направленную вдоль уклона, бурный поток делювиальной воды быстро размывает стенки и дно трещины, вынося комки почвы и лёссовидную породу на склоны (П. А. Костычев). Так как территория ливней невелика и ливни сравнительно редко отличаются продолжительностью, то конус выноса в начале процесса развития оврага отлагается на склоне, и только в дальнейшем, под влиянием весеннего делювиального стока снеговой воды, овраг достигает берегов современной луговой террасы реки или балки-лощины.

Верхний конец оврага, или «отвершка» («верха»), начавшийся трещиной вдоль склона, всегда отличается вертикальными стенками. Так как трещины образуются под влиянием сокращения объема высыхающих растительных остатков одновременно всего корнеобитаемого слоя, то очевидно, что трещина своей равномерной шириной должна доходить до лёссовидной почвообразующей породы. Последняя легко подвергается размыванию и выносу. Это особенно относится к водораздельным областям, где почвы отличаются меньшей мощностью и где осуществим только процесс сноса и исключена возможность наноса. Процесс выноса лёссов-

видной породы обуславливает осыпание вертикальных стенок вершины оврага, и то же «выплывание» лёссовидной породы обуславливает оседание всей массы корнеобитаемого горизонта у вершины растущего оврага, или отвершка, в виде круглого блюдца, так называемой *предовражной западины* («потяжины»), образующей небольшой «водосборный театр». Несмотря на ограниченную площадь своего водосбора эти впадины играют большую роль в процессе роста овражной сети, увеличивая и сосредоточивая струю делювиальной воды, питающей вершину оврага, и вовлекая в процесс оврагообразования не только трещины, направленные вдоль склона, но и поперечные.

Последствия аэробного процесса. Все возрастающее развитие аэробного процесса и достижение анаэробным процессом под влиянием установившейся постоянной щелочной реакции среды возможности полной минерализации всех элементов органических остатков, ежегодно отлагаемых многолетней флорой, очевидно, должны привести к ежегодному образованию в массе бесструктурных почв переходной зоны значительного количества минеральных соединений (не только солей).

Это обстоятельство служит основанием для обособления нового понятия по отношению к стадии деградирования дернового периода и к степному периоду почвообразовательного процесса или к почвам так называемых переходной и степной зон. Новое понятие не совсем правильно формулируется как солевой режим почв упомянутых двух зон. Понятие «*солевой режим*» почти не применяется по отношению к почвам подготовительного и дернового периодов не потому, что он в них отсутствует, а вследствие того, что его количественно малое выражение заслоняется его противоположностью, концентрацией элементов пищи растений в форме органического вещества, т. е. развитием избирательной поглотительной способности почвы и прогрессивным развитием условий плодородия почвы. Почвы же переходной стадии дернового и почвы степного периодов, сохраняя стационарное состояние развития избирательной поглотительной способности, характеризуются регрессивным развитием условий плодородия почвы.

Образование в почве минеральных соединений из органических их форм может осуществиться или путем аэробного, или путем анаэробного разложения. Этими двумя путями могут разлагаться органические вещества различного происхождения. Органические остатки высших растений могут разлагаться безразлично тем и другим процессом в зависимости от условий их отложения. Но все-таки мы должны отличать несколько случаев в разложении остатков высших растений.

Разложение остатков глубококоренных и бобовых растений степи. Остатки глубококоренных растений (главным образом многолетние полныи) разлагаются почти исключительно аэробным путем. Эти растения принадлежат к полукустарникам с главным стержневым корнем, очень многолетним (у белой полныи до 100 лет и, может быть, даже больше) и чрезвычайно глубоким (несколько десятков метров). Корневая шейка этих растений (подземная или надземная, или одновременно обоих типов) ежегодно ранней весной образует однолетние травянистые побеги, причем каждый однолетний побег образует свои самостоятельные придаточные корни. Придаточная корневая система травянистых побегов ежегодно отмирает в период выгорания степи, и дальнейшее развитие однолетних побегов и отложение запасных питательных веществ в корневой шейке обеспечиваются водой и зольной пищей главным корнем из горизонтов грунтовой воды, расположенных ниже первого; однолетние стебли вегетируют до глубокой осени. Ежегодно отмирающая придаточная корневая система этих растений подвергается аэробному разложению.

Вторая группа, группа многолетних бобовых (голубая люцерна, астрагалы и др.) по общему характеру развития не отличается от предыдущей, с той лишь разницей, что на однолетних придаточных корнях их развиваются клубеньки, содержащие азотсвязывающие бактерии. К третьей группе растений, остатки которых разлагаются целиком аэробным процессом, принадлежат весенние эфемеры и однолетние степные злаки, отмирающие со всей корневой системой плодущих стеблей в период выгорания степи. Аэробным же путем разлагаются после выго-

рания степи, и особенно после образования глубоких трещин, и все мертвые органические остатки, накопившиеся в почве в течение черноземной стадии дернового периода. Таким образом на долю анаэробного процесса остаются только те побеги степной флоры, которые начали развиваться после перерыва летней засухи, но не успели достаточно развиться до наступления зимних морозов и были ими убиты. Поэтому ясно, что на долю анаэробного разложения останется минимальное количество органических остатков, и самый процесс пойдет на затухание. Тем более будет затухать выражение конечного результата анаэробного процесса, накопление органических остатков, так как в почве, в которой циркулирует раствор бикарбоната кальция, все время будет нейтрализоваться выделяемая анаэробами ульминовая кислота, и работа анаэробов в отношении быстроты разрушения органических остатков мало будет отличаться от работы аэробов.

Что касается второй группы органических веществ почв переходной зоны, аморфного перегноя, то ульминовая кислота как продукт жизнедеятельности анаэробных бактерий не может быть ими использована ни как источник энергии, ни как источник пищи, и она может быть разрушена только аэробными бактериями. Свободная гуминовая кислота, накапливающаяся в почве в течение черноземной стадии, не может служить источником энергии для аэробов (Никитинский), но служит для них превосходным источником азота.

Наконец, органические кислоты, получающиеся при анаэробном разложении, нейтрализуются в почвах переходной зоны бикарбонатом извести и разлагаются аэробами. Восстановленные минеральные продукты, результат жизнедеятельности анаэробов, окисляются хемотрофными бактериями.

Таким путем в почвах переходной зоны органическое вещество постепенно разрушается, и его зольные элементы переходят в минеральные соединения, среднее количество которых, конечно, весьма приблизительно (в сторону уменьшения), может быть принято равным 50 000 кг, или 50 т на гектар.

Передвижение минеральных соединений в почвах степи. Динамика передвижения по массе почвы освобождающихся минеральных соединений в форме растворов в почвенной воде как в вертикальном направлении, так и приблизительно параллельно поверхности будет очень разнообразна и требует детального анализа.

Прежде всего обращает на себя внимание движение, приблизительно параллельное поверхности почвы, в котором принимает участие подавляющее большинство минеральных соединений. Это движение осуществляется током *почвенной воды* (верховодки), возникающим ежегодно в период таяния снежного покрова. В поверхностном горизонте всякой почвы (в переходной и особенно степной зонах) всегда изобилуют неволосные промежутки (ходы червей, личинок насекомых, насекомых, мокриц, пауков, грызунов, истлевших корней и т. п.). Эти ходы настолько обильны, что гидротехнические сооружения, как правило, нельзя возводить непосредственно на поверхности почвы (осадка и деформация сооружений), а необходимо снять и удалить верхний слой «растительной земли» на глубину не меньше 70 см и до 1 м. Снеговая вода, проникая в эти неволосные ходы, повинаясь силе тяжести, передвигается по направлению уклона. Неволосной ток воды, вследствие сопротивления породы и встречая на пути уже частично занятые каналы, превращает свое первоначально ускоренное движение в замедленное. Избыток воды, получающийся вследствие этого замедления, не может с достаточной быстротой проникнуть вниз по волосной лёссовидной породе и принужден подниматься вверх к поверхности почвы, выходя в наиболее пониженных элементах рельефа на поверхность почвы. В зависимости от величины водосборной площади понижений рельефа, преимущественно бессточных (вследствие преобладания процесса дефляции над процессом эрозии), выходящая на поверхность почвенная вода может образовать или временное (весеннее) скопление воды, высыхающее более или менее быстро («грязи», «соры», «шоры», «лиманы», «поды»), или озера (бессточные).

Второй род движения растворенных в воде минеральных соединений происходит под влиянием волосного передвижения воды в массе почвы, Это волосное пере-

движение растворенных минеральных соединений может осуществляться только в двух направлениях, нисходящем и восходящем, вертикальном в том и в другом случае, и часто характеризуется как «миграция солей» (не вполне правильно, так как передвигаются не одни только соли).

Богатство степных почв азотом. Биологическое, в подавляющем преобладании аэробное, разрушение органического вещества происходит в переходной (равно и в степной) зоне в условиях щелочной среды; при этих условиях процесс нитрификации протекает беспрепятственно и энергично. Поэтому при разложении всех типов органического вещества образуется большое количество нитратов. В особенности это касается остатков бобовых, которые изобилуют как среди эфемеров (люцерны, клевера, пажитники, донники), так и между степными (клевера, донники,



Рис. 94. Поверхность солодчака, покрытого белыми выпцветами солей и солеросом *Salicornia herbacea* L. (по В. Келлеру).

люцерны) и в группе глубококоренных (голубая люцерна, эспарцет, астрагалы). В еще большей мере это касается перегнойных веществ, гуминовой, ульминовой и особенно апокреновой кислот и солей последней.

В то же время необходимо отметить, что в этих зонах процессы разрушения нитратов развиты в очень слабой степени: анаэробный — вследствие вообще подчиненного и непродолжительного выражения анаэробнозиса в обеих зонах, аэробный — вследствие слабого его развития в почвах под покровом природной растительности и широкого распространения приема сжигания живья на почвах культурных. Поэтому, а также и вследствие широкого распространения азотобактера (С. П. Костычев), почвенный раствор и «солевые» выпоты на почвах этих зон всегда богаты нитратами, и, повидимому, почвы этих областей нуждаются в азотном удобрении меньше, чем в других (20 лет непрерывной культуры табака без снижения урожая и внесения удобрения). Нитраты при передвижении раствора по массе почвы частично вновь входят в биологический круговорот. Так как они представляют соли, до известной степени физиологически-щелочные, то они могут при поглощении растениями аниона азотной кислоты быть источниками образования в почве свободных катионов. Насколько позволяют судить произведенные мной немногочисленные микрохимические анализы водных вытяжек из почв этих зон, нитраты циркулируют в этих почвах в тройной форме: нитрата кальция,

нитрата калия и нитрата натрия. При биологическом поглощении аниона азотной кислоты катионы кальция и калия могут быть поглощены растениями в меньшем количестве, а катионы натрия в еще меньшем, чем анион азотной кислоты. Освобожденные катионы немедленно будут связаны свободной уголекислотой, образовав уголекислоту известь, уголекислое кали, уголекислый натр.

Слабая изученность золы степных растений. При аэробном разложении остатков всех групп растительного покрова почв переходной зоны образуется комплекс минеральных соединений, различающийся для разных групп только количественным содержанием различных ингредиентов, составляющих комплекс.

Малая изученность так называемых «ближайших составных частей» золы разных групп растений, т. е. соединений, в которых сочетаются различные химические элементы золы, чрезвычайно затрудняет составление точного понятия об их участии в химизме почвы. Эта малая изученность, граничащая с невежеством, представляет главную причину (вместе с полным отсутствием приложения материалистической диалектики и исключительным применением голого механицизма) блуждания агрохимии в лесу бесчисленного количества «гипотез» и «теорий», создаваемых для объяснения каждого отдельного разрозненного «явления», наблюдаемого при недостаточном учете условий, в которых протекает процесс.

Мы до сих пор еще принуждены пользоваться «валовым» составом золы и «общими» выводами, которые можно сделать, сопоставляя требования растений с условиями среды. Прежде всего мы можем сделать общее заключение, что, вследствие общей потребности всех растений всех групп в фосфоре и малой его распространенности в природе, фосфор, освобождающийся при разложении всех растительных остатков, будет немедленно поглощаться живыми макро- и микроорганизмами почвы. При анаэробнолизе, протекающем в условиях щелочной реакции, единственную форму, в которой фосфор может выделяться из органического вещества, представляет фосфат кальция (вероятно, трехосновный). Вследствие крайней слабости выражения и краткосрочности анаэробнолиза в почвах переходной и степной зон, образование воднорастворимых закисных соединений железа исключено, и следовательно, образование соединений фосфора с железом, по видимому, неосуществимо в природных условиях зоны переходных почв.

Биологическое поглощение фосфора может осуществляться только из раствора трехосновного фосфата кальция в воде, содержащей растворимую уголекислоту (переход в монофосфат).

При этом процессе часть кальция трехосновного фосфата освобождается и остается в почве в форме бикарбоната окиси кальция. Вследствие процесса биологического поглощения фосфора, его соли по большей части встречаются в виде кратковременной составной части почвенного раствора с щелочной реакцией и, по видимому, не встречаются в поверхностных выцветах таких почв.

Большой интерес в отношении состава золы представляют три группы растений, слагающих растительный покров почв переходной и степной зон, — бобовые, злаки и глубококоренные.

Бобовые появляются, как правило, массами, начиная с конца черноземной стадии, когда под влиянием сильного преобладания анаэробнолиза вся растительная группировка луговой степи начинает испытывать азотное голодание. Этот момент, связанный во времени с образованием глубокого карбонатного горизонта, служит стимулом развития многолетних бобовых с глубоким корнем, обеспечивающим им как обильное питание кальцием, потребность в котором у бобовых очень велика, так и независимость от водного режима поверхностных горизонтов почвы. Второй период появления бобовых, наступающий в более поздней стадии развития процесса деградации черноземов, характеризуется массовым появлением однолетних бобовых в растительной группировке весенних эфемеров.

Господствовавший осенью в конце черноземной стадии почвообразовательного периода нисходящий ток воды вымыл все легко растворимые в воде и не поглощаемые почвой нитраты до предела волосного промокания почвы. Процесс зимней перегонки водяного пара в замерзшие верхние горизонты почвы, очевидно, не мог

возвратить вымытые нитраты в верхние горизонты. Таким образом группа однолетних эфемеров не была бы в состоянии развиваться без наличности эфемерных бобовых, потребность которых в извести удовлетворяется теперь легко, вследствие вскипания почвы в стадии южного чернозема по всему разрезу до поверхности.

Зола бобовых характеризуется одновременным большим содержанием извести и серы.

В результате этого при аэробном разложении органических остатков бобовых одновременно образуются углекислый кальций, сернокислый кальций и сернокислые соли щелочей калия и натрия. Эта комбинация солей определяет чрезвычайно важную роль бобовых как в сельскохозяйственном производстве, так и в развитии природных почв. Слабые (в смысле концентрации) растворы сернокислого кальция, как соединение сильного основания с сильной кислотой, подвергаются электролитической диссоциации с образованием катиона кальция и аниона серной кислоты. Растворы бикарбоната окиси кальция (извести), как соединение сильного основания со слабой кислотой, подвергаются исключительно так называемой гидролитической диссоциации с образованием гидроокиси кальция, воды и углекислоты.

Воздействие водного режима степных почв на их минеральные соли. Гранула коллоидальной (аморфной) природного перегноя (ульмина), несущая отрицательный электрический заряд, способна поглощать только ионы, несущие положительный электрический заряд, т. е. только катионы; при этом поглощенные катионы просто удерживаются на поверхности гранулы, причем гранула не входит ни в какие химические взаимоотношения с поглощенным катионом вследствие абсолютной нерастворимости в воде вещества гранулы коллоида. От валентности катиона, поглощенного гранулой коллоида, зависят отношения коллоида (в данном случае перегноя) к воде. Если коллоидом поглощен *одновалентный* катион (поглощенное основание), то гранулы коллоида приобретают способность *рассеиваться* в воде, образовывать так называемый коллоидальный или ложный раствор; коллоид обладает свойством клея, т. е. такой перегной *непрочен* или недействителен. Если коллоид (в данном случае перегной) содержит в поглощенном состоянии *двухвалентный* катион (катион кальция), то гранулы коллоида (перегной) теряют способность рассеиваться в воде, коллоид приобретает свойство цемента (нерастворимость в воде); такой перегной становится *прочным*, или деятельным. Трех- и многовалентные катионы еще недостаточно исследованы в этом отношении. На этой особенности катиона кальция основано введение в севооборот многолетнего травяного поля, или так называемое полевое травосеяние (точнее, травопольная система земледелия), т. е. посев смеси многолетнего рыхлокустового злака и многолетнего бобового. Многолетний рыхлокустовой злак своей корневой системой придает пахотному горизонту комковатую структуру и пропитывает комки перегноем, многолетнее бобовое вносит в почву катион кальция и придает перегною, а следовательно, комковатой структуре, прочность.

Получающаяся при гидролитической диссоциации бикарбоната кальция в почве гидроокись кальция перегноем не поглощается; она может придать бесструктурной почве только микроагрегатность, лёссовидность.

Иная роль сернокислых солей щелочных металлов, натрия и калия, также образующихся в процессе аэробного разложения остатков бобовых в почвах переходной и степной зон. Обе соли, образуясь в почве одновременно с гипсом и вступая в почвенную, пропитанную до поверхности бикарбонатом кальция, входят в последним в обменную реакцию. В результате обмена образуются гипс и бикарбонаты натрия и калия (Гильгард). Каждую осень образовавшиеся при разложении остатков бобовых воднорастворимые бикарбонаты окиси кальция, сернокислый кальций, сернокислые натрий и калий и бикарбонаты натрия и калия (бикарбонаты натра и калн) промываются волосным нисходящим током воды до глубины предельного промокания почвы.

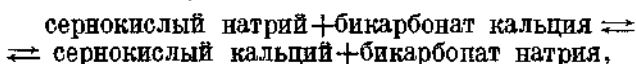
В течение всей зимы протекает процесс перегонки водяного пара в поверхностные горизонты почвы, и, как было выяснено выше, протекает процесс разви-

тия и передвижения вверх так называемого мертвого горизонта. Совершенно очевидно, что при этом процессе высушивания нижних горизонтов почвы перегонкой из них водяного пара соли, бывшие в растворе, не могут передвигаться вместе с водяным паром, и на нижней границе волосного проникновения нисходящего тока воды в почву будет происходить сгущение концентрации почвенного раствора. Это сгущение концентрации почвенного раствора тотчас вызовет два процесса. При перегонке воды из раствора, очевидно, исчезнет и угольная кислота, бывшая в растворе, и бикарбонат извести перейдет в почти нерастворимый карбонат извести, который отложится в форме мельчайшего порошка. Совершенно так же и сернокислый кальций (гипс), вследствие малой растворимости (1 часть приблизительно в 400 частях воды), выпадет из раствора в форме кристаллов и друз, которые из года в год растут, часто достигая крупных размеров (кристаллы до 70 см длины, друзы до 50 см в поперечнике), и образуют так называемый гипсовый горизонт на глубине около 1,5—2 м. Кроме того, в этом горизонте откладываются тестоватые кристаллы недостаточно исследованных сложных (двойных, тройных) солей кальция, натрия, калия и магния.

Очевидно, что по той же причине зимнего иссушения верхнего слоя мертвого горизонта в нем будут отлагаться кристаллы воднорастворимых солей, образуя так называемый соленосный горизонт. Наиболее часто встречаются друзы сернокислого натрия (до 5 см длины) и друзы двойных и тройных солей гипса и сернокислых щелочных металлов (до 15 см в поперечнике).

Обособление соленосного гипсового горизонта. Отлагается, таким образом, так называемый *гипсовый горизонт*. В отличие от горизонта вскипания гипсовый горизонт может обособляться в самых разнообразных формах. Иногда гипс выделяется в форме аморфного тонкого порошка, как и углекислая известь, но в глинистых породах он то образует прозрачные одиночные кристаллы, то двойники, имеющие форму наконечника стрелы. В мелкопесчаных породах он выделяется или в форме друз небольших кристаллов, или в форме огромных друз крупных кристаллов. В крупнопесчаных породах он выделяется или в форме крестообразных двойников, или в виде одиночных, часто огромных кристаллов. В песке гипс выделяется всегда в виде кристаллов, захватывающих массу породы (Решетека). Наконец, в нижних дилuviальных валунных песках, если они расположены неглубоко, гипс выделяется в виде длинных белых щеток, содержащих иногда значительную примесь сернокислого натрия.

Под влиянием того, что часть гипса ежегодно отлагается в гипсовом горизонте и в равновесной обменной реакции:



идущей одновременно и в направлении слева направо и справа налево, при проникновении почвенного раствора весенним восходящим током в поверхностный горизонт, временно нарушаются условия равновесия солей. Некоторое количество бикарбоната натрия (двууглекислой соды), эквивалентное количеству гипса, отложившегося в гипсовом горизонте, останется в почве в свободном состоянии до тех пор, пока летний аэробный процесс разложения остатков бобовых не восстановит солевого равновесия обменной реакции, обогатив почву новым количеством сернокислого кальция, и все количество образовавшейся двууглекислой соды будет одновременно уравниваться образованием эквивалентного количества бикарбоната извести.

Таким образом при возникновении всякого нисходящего тока раствор почвенных солей будет в очень значительной степени освобождаться от солей двухвалентных металлов (главным образом кальция), которые осадут в карбонатном и гипсовом горизонтах. В этих же горизонтах (особенно в гипсовом) будут оставаться в форме кристаллов и соли одновалентных металлов, но ясно, что вследствие гораздо большей воднорастворимости солей одновалентных металлов относительно обеднение ими почвенного раствора будет гораздо меньше, чем трудно растворимыми солями двухвалентных металлов. Поэтому, как во всяком нисхо-

лящем волосном токе почвенного раствора, так и в неволосном токе почвенной воды будут всегда преобладать соли одновалентных металлов, преимущественно натрия. Концентрация нисходящего волосного тока в природных условиях в среднем довольно постоянна. Она поддерживается непрерывным влиянием на солевой режим почв переходной и степной зон глубококоренной флоры этих зон.

Глубококоренные растения, преимущественно полныи и бобовые, только в течение непродолжительного весеннего периода могут своей ежегодно отмирающей поверхностной корневой системой использовать водные и пищевые запасы почвенных горизонтов. В течение всего летнего и продолжительного осеннего периода все водное и зольное питание этих растений осуществляется (азотное питание небобовых не исследовано) из второго горизонта грунтовой воды. Хотя эти грунтовые воды отличаются вообще чрезвычайно малой соленостью, но при ярко выраженных условиях испарения листовой поверхностью (особенно у голубой люцерны) глубококоренные растения полностью удовлетворяют свою большую потребность в зольной пище из этого источника. Понятно, что вместе с биологически-важными солями в глубокую корневую систему из грунтовой воды поступают и другие соли, вследствие простого их наличия в грунтовой воде. Это поступление облегчается вследствие постоянного нарушения осмотического равновесия, так как большинство глубококоренных растений избавляется от избытка биологически непотребляемых или мало потребляемых солей путем прямого выделения их растворов через гидатоды своей зеленой поверхности (в особенности кермеки) или отложения в труднорастворимых солях щавелевой и других кислот в виде рафид и других кристаллических формах. Поэтому группа глубококоренных растений ежегодно переносит («перекачивает») в почвенные горизонты соли не только биологически-важные, но и значительные количества хлористого и сернокислого натрия (и калия), причем эти соли происходят не из почвообразующей породы, подстилающей почвы упомянутых зон, а могут происходить под влиянием процессов, протекающих на расстоянии сотен километров, в области ледников.

В результате, несмотря на ежегодную промывку почвенного горизонта током почвенной воды по уклону рельефа, *соленосность водораздельных элементов остается постоянной, тогда как соленосность отрицательных элементов рельефа беспрерывно растет.*

Под влиянием осаджения сернокислого кальция в гипсовом горизонте ежегодно нарушается количественное соотношение между содержанием солей одновалентных и двухвалентных металлов в почвенном растворе. Количество последних, могущих при диссоциации освободить катион кальция, уменьшается, и это изменение неизбежно влечет за собой изменения в составе поглощенных оснований. В течение черноземной стадии перегной был насыщен до заполнения его полной емкости поглощения катионом кальция (и магния). При новых условиях нарушенного равновесия солевого состава почвенного раствора часть поглощенного кальция будет вытеснена натрием вследствие преобладания его солей в почвенном растворе. Вытесненный катион кальция не может оказать влияния на восстановление солевого равновесия почвенного раствора, так как в условиях щелочной реакции почвы освободившийся катион кальция в присутствии воды и углекислоты образует углекислую известь, которая при диссоциации может образовать только окись кальция, не способную к обменному поглощению.

Бесструктурность почв переходной стадии и степного периода. Частичное замещение поглощенного перегноем катиона кальция катионом натрия тотчас отразится на структуре почвы. В обыкновенном и тучном черноземах природные комки отличаются максимальной прочностью, они могут быть раздроблены, но в воде не распылялись. Связывавший комки перегной, насыщенный поглощенным кальцием, обладал свойством цемента, и масса комков этих черноземов скреплялась только сетью живых и мертвых корней. По мере замещения поглощенного кальция катионом одновалентного натрия перегной приобретал способность рассевать гранулы в воде, образовывать коллоидальный раствор, т. е. приобретал свойства клея, крепко склеивать в сухом состоянии, но распыляться в воде.

Липун. Этим определяется еще один типичный признак южных черноземов, их *слипная комковатая структура*. Комки, слагающие южные черноземы, в сухом состоянии склеены между собой в местах соприкосновения; во влажном состоянии поверхности комков размазываются, и они прилипают к орудиям обработки. На народном языке неразрушенная обработкой структура подпахотного горизонта в областях обыкновенных и тучных черноземов характеризуется как «крупка», в области развития южных черноземов как «липун».

По мере развития деградации черноземов зольные элементы, входившие раньше в состав органических остатков, во все большем количестве переходят в формы минеральных соединений. Образующиеся минеральные соединения независимо от степени их растворимости в воде не могут подвергнуться вымыванию из массы почвы, вследствие господства в ней волосного режима. Масса этих минеральных соединений постепенно освобождается от солей кальция, оседающих частью в карбонатном, частью в гипсовом горизонтах. Оставшиеся соли одновалентных металлов, преимущественно хлористый и сернокислый натрий, частью кристаллизуются в мертвом горизонте. Оставшиеся в растворе соли током почвенной воды постепенно передвигаются к пониженным элементам рельефа, где их количество постепенно возрастает.

Образование солонцов. С увеличением содержания в почвенном растворе солей натрия процесс вытеснения из перегноя поглощенного кальция и замещения вытесненного кальция натрием не ограничивается только поверхностью комков, а охватывает всю массу каждого комка. Этот процесс поощряется переходом вытесненного катиона кальция в углекислую известь.

Под влиянием насыщения всего перегноя каждого комка поглощенным натрием вся масса почвы теряет прочность и обращается в сплошную раздельночастичную массу. Полнота бесструктурности, или так называемой степени дисперсности перегноя, в этом случае получает особенно яркое выражение вследствие нахождения в числе растворенных солей карбоната и бикарбоната натра. В присутствии этих двух солей, особенно карбоната натра, мельчайшие глинистые механические элементы почвы утрачивают ту микроагрегатность, или лёссовидность, которую они приобретают в присутствии бикарбоната извести.

В таком состоянии деградирующие черноземы носят название *солонца*. В структурном отношении солонец отличается от чернозема, лишенного приемами примитивной обработки комковатой структуры, так называемого «*выпаханного чернозема*», тем, что выпаканный чернозем сохраняет свою микроагрегатность, или лёссовидность, а солонец липается и лёссовидности. Выпаханный чернозем представляет бесструктурную почву, солонец — раздельночастичную. Характерная черта почвы солонца — содержание в ней так называемого «*растворимого перегноя*». Эта растворимость не представляет способности перегноя к молекулярному растворению; она простое следствие полной дисперсности (раздельночастичности) аморфного перегноя, и та часть его, в которой поглощенный кальций замещен натрием, в присутствии растворенного углекислого или двууглекислого натра образует коллоидальный раствор.

Так как перегной, подобно всякому нерастворимому в воде органическому веществу, способен сильно изменять объем в зависимости от степени своей влажности, то в совершенно бесструктурном солонце эта способность передается всей массе почвы. В структурном черноземе изменяется в объеме каждый отдельный комок, и это изменение происходит за счет изменения скважности почвы, мало отражаясь на изменении объема всей массы почвы. В солонце изменение объема охватывает всю массу почвы как одно целое, что при высыхании приводит к образованию сети глубоких трещин. Солонцы весной под влиянием первого максимума влажности почвы представляют совершенно недоступную обработке массу бесструктурной грязи. Высыхание солонцов вследствие их бесструктурности происходит быстро, поверхность их разбивается трещинами, и такая трещиноватая масса солонца также не поддается обработке вследствие колоссальной связности отдельных глыб солонца (так называемые «трещинники» Казахстана).

По мере удаления от отрицательных элементов рельефа вверх по склону уменьшается содержание солей, притекающих с водораздела, и вместе с тем уменьшается и степень солонцеватости деградирующих черноземов.

Передвижение молекулярно-растворимой кремневой кислоты в почвах. Последняя группа растительного покрова переходной зоны, оказывающая, кроме прямого, и косвенное влияние на обособление пестроты почвенного покрова зоны, — это злаки. Количественное участие злаков как в природном, так и в сельскохозяйственном культурном растительном покрове огромно. Особенность, отличающая состав золь злаков, представляет значительное содержание кремневой кислоты. При аэробном разложении остатков злаков кремневая кислота освобождается из них в двух формах. Первая — это нерастворимые в воде кремневые



Рис. 95. Поверхность солонца, покрытого порошковатыми выцветами аморфной кремнекислоты и с трещинами бесструктурной верхней части почвы. Растительность состоит из черной полыни *Artemisia pauciflora* и камфоросмы (по Б. Келлеру).

скелеты специализированных клеток эпидермического покрова надземных частей злаков. Эти скелеты просто освобождаются от органического вещества и переходят в золь, сохраняя внешние формы клеток (фитолитарии). Вторая форма — воднорастворимая, легко получаемая в водных вытяжках золь злаков, полученной окислением мокрым путем на холоду и из водных вытяжек почвы. Воднорастворимая кремневая кислота образует молекулярный раствор, легко проникающий через клеточные стенки корневых волосков.

После освобождения в почвах с кислой реакцией молекулярно-растворимая кремневая кислота легко переходит в кремнезем, аморфную коллоидальную форму, хорошо изученную в долинных подзолах. Освобождаясь в почвах с щелочной реакцией, кремневая кислота долгое время остается в молекулярно-растворимой форме, принимая участие во всех передвижениях почвенного раствора и переходя в нерастворимую форму аморфного кремнезема только при высыхании ее молекулярных растворов.

В такой форме она выделяется в южных черноземах, когда ливневые воды вносят в трещины почвы массу растворенной кремневой кислоты, накопившейся за бездождный период в поверхностных слоях почвы и в степном мертвом по-

крове. Высыхая на стенках трещин после обычно коротких ливней, недостаточно промочивших почву, чтобы трещины сомкнулись, такая струя оставляет «потеки» аморфного кремнезема. Ребра пластов вспаханных целинных южных черноземов покрываются после высыхания белым выцветом аморфного кремнезема. При подсыхании свежих разрезов южных черноземов комки их покрываются «присыпкой» кремнезема, которой не было заметно, пока разрез был еще влажным. В случаях надвигания барханов на культурные земли после остановки движения песков и зарастания их преимущественно флорой злаков, через 5—6 лет, все погребенные песком деревянные предметы (изгороди, колья) пропитываются кремневой кислотой (окаменевают). Остатки тростника в межбарханных понижениях (между заросшими барханами) всегда оказываются окремневшими.



Р и с. 96. Поверхность солончака с покровом солянки *Halospermum strabillaceum* (Pall.) М. В. (по Б. Келлеру).

При передвижении молекулярно-растворенной кремневой кислоты с почвенными растворами эффект, вызываемый ее присутствием, может быть двойным. При движении почвенной воды по уклону почвенный раствор, достигая солонцов, не может беспрепятственно продолжать поступательного движения вследствие перехода гидростатического движения воды в исключительно волосное в раздельночастичной почве солонца. Остановившийся неволосной ток почвенного раствора не может устремиться вниз, так как нисходящий волосной ток не подчиняется ни силе тяжести, ни гидростатическому давлению, и проникновение его в глубину ограничено механическим составом почвообразующей породы (ее микроагрегатностью). Поэтому почвенный раствор под напором притекающей со склонов воды выступает на поверхность солонца (пода, лимана, сора) и покрывает его более или менее толстым слоем. Сюда же собирается и делювиальная (снеговая) вода, приносящая все продукты аэробного распада мертвой степной подстилки. Так как в огромном большинстве случаев отрицательные элементы рельефа переходной и степной зон представляют бессточные понижения, то заполнившие их растворы целиком испаряются. Отлагающийся после испарения воды осадок аморфного кремнезема (часто аморфной кремнетитановой кислоты) достигает иногда 5 см в одну весну. Этот аморфный бесструктурный горизонт всегда покрывает нижележащий, очень плотный, вязкий, раздельночастичный горизонт солонцов.

Осолодевание и солоди. Второй случай влияния молекулярно-растворимой кремневой кислоты на ход почвообразовательных процессов в переходной зоне наблюдается на очень пологих и длинных склонах. При пологих склонах движение неволосного тока почвенной воды происходит более медленно. Поэтому при большой длине склона ток почвенной воды, начиная приблизительно со второй половины склона, может быть остановлен испарением воды непосредственно из массы почвы корневой системой богатой весенней степной флоры. Обратившись из неволосного тока, приблизительно параллельного поверхности, в восходящий волосной, замещающий воду, испаряемую корнями растений, почвенный раствор, очевидно, пропитывает массу почвы, начиная снизу, всеми растворенными в нем веществами, в том числе и кремневой кислотой. При высыхании раствора кремневая кислота переходит в форму аморфного кремнезема, не растворимого в воде. Причины и условия перехода кремневой (и титановой) кислоты из молекулярно-растворимой в воде формы в коллоидальную еще не изучены; не подлежит лишь сомнению участие в этом процессе органического вещества (микроорганизмов). Сначала отложение аморфной кремниевой кислоты происходит в форме «присыпки» на комках почвы, в дальнейшем мучнистый кремнезем заполняет как волосные промежутки комков, так и неволосные просветы между комками, обращая их также в волосные.

Этот процесс носит название «осолодевания» и протекает в условиях щелочной реакции в отличие от процессов подзолообразования и образования «ложных солонцов» («кусты», «осиновые кусты»), протекающих в условиях кислой реакции почвы и при обязательном участии леса как растительной группировки. Кроме того, процесс подзолообразования протекает всегда в нисходящем направлении, начиная с поверхности почвы; процессы же осолодевания и образования ложных солонцов всегда начинаются снизу, от границы проникновения корней травянистой флоры по направлению к поверхности почвы. При крайней степени развития этого процесса образовавшаяся почва получает название «солоди».

Огромное большинство степных злаков (кроме пырея и части тонконогов) принадлежит к типу микотрофно питающихся. К этому же типу питания принадлежат и «пластовые» культурные растения, твердая пшеница («гордеиформе», «дурум»), пластовое просо (так называемое «оренбургское», но не «рязанское» и не «тамбовское»), лен-кудряш и оставленный культурой «степной» овес. К типу микотрофно питающихся относится и опаснейший сорняк — овсюг («фатуг»).

Выделяемая микоризой этих микотрофов креновая кислота немедленно усредняется бикарбонатом кальция, и креновая кислота крената кальция разрушается аэробным процессом, образуя в конечном результате воду, углекислый кальций и нитрат кальция.

Той же участи подвергаются и реликты подготовительного периода подзолообразовательного процесса, протекавшего в карбонатной морене, так называемые журавчики, или дутики.

Журавчики отлагаются в опесчаненных горизонтах лёссовидной карбонатной морены и состоят из названной почвообразующей породы, в которой под влиянием анаэробного процесса разрушения крената кальция отложилась масса порошкообразной углекислой извести, и эта смесь сцементирована отложением аморфного коллоидального апокрената кальция. Вследствие высыхания коллоидальной массы апокрената тело журавчиков внутри разорвано трещинами, сливающимися в полости.

При наступлении преобладания аэриобиозиса в массе почвы переходной зоны журавчики начинают разлагаться. Разложение направляется по двум путям. Апокренат кальция, содержащий органическое вещество, очень богатое азотом, разрушается бактериально, образуя вышеуказанные продукты и обнажая одновременно содержащуюся в журавчиках углекислую известь. Последняя под воздействием переменных токов воды в почве переходной зоны начинает частью переноситься в карбонатный горизонт, частью распределяться по всей массе почвы в виде бикарбоната кальция. Таким путем журавчики сначала теряют свою резкую оформленность, переходя в так называемую белоглазку, которая в начале про-

цесса сохраняет еще резкость контуров отдельных «глазков», но по мере развития процесса глазки, постепенно рассасываясь по массе породы, теряют резкость контуров и интенсивность белизны окраски и, наконец, совсем исчезают. Сохраняются лишь те горизонты журавчиков, которые в процессе развития почвенного покрова и рельефа зоны оказались в пределах мертвого горизонта.

Таков чрезвычайно сложный ход диалектического развития комплексного почвенного покрова переходной зоны.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

СТЕПНОЙ ПЕРИОД ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Причины смены растительных формаций. — Изменения климата сухой степи. — Надпочвенный сток и гидрографическая сеть зоны степей. — Степной период почвообразования в СССР. — Среднеазиатский лёсс. — Эрозия почв степной области. — Пресные и горько-соленые почвенные воды. — Образование солончаков. — Сели и каменные реки. — Область поймы среднеазиатских рек. — Речные пески степной области. — Материковые моренные пески. — Такыр и ала. — Каменистая степь. — Растительность песков степной области. — Степная зона в европейской части СССР. — Глубокостолбчатые солонцы области пермской морены. — Выгорание посевов, захват, или 'запал, растений. — Черноземовидные почвы переходной области. — Деградация тучных черноземов. — Латериты, красноземы. — Буроземы Раманна.

В предыдущих главах было выяснено, что свойства двух основных растительных формаций, деревянистой и травянистой, привели к неизбежной победе более молодой, позже занявшей территорию формации. Лес должен был уступить место травянистой растительности. Но и травянистая формация складывается, как это уже было показано, из двух элементов, в зависимости от наличия в ней двух антагонистически противоположных моментов.

Эти антагонистические моменты в составе травянистой растительной формации — два типа низших организмов, одновременно представленных в ней, анаэробные и аэробные бактерии.

Причины смены растительных формаций. Сами растительные формации накапливают в обитаемой ими среде такие свойства, которые диалектически неизбежно должны привести к изменению условий среды. Под влиянием господствующей растительности климат страны может обладать диаметрально противоположными свойствами, хотя бы сумма ежегодно притекающих элементов его оставалась неизменной.

При этих беспрерывно меняющихся условиях количественное преобладание той или иной растительной формации зависит от того функционального ее свойства, которое позволяет ей количественно влиять на изменение наличия факторов жизни растений.

Растительные формации беспрерывно влияют на окружающую среду, приводя поочередно все факторы жизни растений к состоянию абсолютного или относительного недостатка.

Изменения климата сухой степи. Установившийся исключительно волосной поверхностный водный режим почвенного покрова переходной зоны, очевидно, должен глубоко отразиться на изменении всего режима и баланса воды всей толщи почвы и почвообразующей породы, равно как и на водном балансе всей зоны. Ясно, что эти изменения должны также неизбежно отразиться на изменениях ряда элементов, определяющих климат переходной зоны. Глубокая взаимосвязь и взаимозависимость стадий и периодов развития почвообразовательного процесса с развитием элементов климата (в пределах одного климатического широтного пояса) уже давно и ярко отразились в статическом, сейчас уже явно недостаточном понятии почвенно-климатических зон.

Надпочвенный сток и гидрографическая сеть зоны степей. Раз проникновение атмосферной воды в массу почвы может осуществляться только волосным путем, то вследствие прогрессивной замедленности нисходящего волосного движения воды и независимости его от влияния силы тяжести и гидростатического давления, количество дождевой воды, проникающей в почву, должно быть меньше количе-

ства выпадающего дождя. В среднем количество дождевой воды, проникающей в почву, будет равно 30% количества выпадающего дождя; 70% дождевой воды стекает поуклону поверхности почвы. Скопление весенней снеговой воды на поверхности почвы совпадает с первым весенним количественным максимумом влажности почвы, т. е. с моментом, когда все почвенные капилляры заполнены водой и нового количества воды вместить не могут. Можно принять, что в широтном поясе умеренного климата годовое количество дождя в среднем приблизительно равно среднему годовому количеству снега. Так как все количество снеговой воды (100%) стекает по уклону поверхности почвы, а дождевая вода на 70% подвержена той же участи, то ясно, что из всего годового количества атмосферных осадков в среднем только 15% могут проникнуть в почву.



Рис. 97. Наносы грубых элементов на склонах степной реки.

Проникшее в бесструктурную почву количество воды обладает двумя свойствами: оно может проникнуть в почву лишь до ограниченной глубины, определяемой в бесструктурной почвообразующей породе ее механическим составом, а в лёссовидной — ее агрегатным составом, в среднем не глубже 2 м (Гильгард); запас проникшей в бесструктурную почву воды отличается крайней степенью «эфемерности». Он тотчас после прекращения притока воды к поверхности почвы переходит в восходящий ток, скорость которого зависит от быстроты испарения воды с поверхности почвы и от количественного содержания воды в почве; или запас воды в почве потребляется растительностью, причем в горизонте распространения корней восходящего тока воды не возникает. Восходящий ток воды в этом случае может возникнуть только в горизонте ниже области распространения корней по направлению к горизонту их распространения.

Последствия этой стороны поверхностного водного режима бесструктурной почвы совершенно ясны. Прежде всего очевидно, что на всей территории бесструктурной почвы совершенно прекращается питание грунтовых вод атмосферными осадками.

Этот момент в связи с изменением условий надпочвенного стока воды приведет к резкому изменению характера режима всей речной сети области развития бесструктурных почв.

Вследствие малой облесенности области, а следовательно, дружности весеннего таяния ее снегового покрова и в результате 100% надпочвенного стока сне-

говой воды весенние разливы всех рек области достигают максимальной величины. Интенсивность надпочвенного стока воды повлечет размыв, — образование овражной сети и смыл поверхностных слоев почвы. Эти процессы, развитые и под покровом природной травянистой растительности, достигают катастрофических размеров после примитивной распашки и такого же сельскохозяйственного использования почвенного покрова области. Снесенные смывом механические элементы почвы и размывы элементы почвообразующей породы подвергаются сортировке в речных руслах. Мелкие элементы пыли и глина уносятся в бассейны впадения рек, крупные элементы, песок, хрящ и камни, или откладываются в русле при всяком уменьшении скорости течения, или выносятся разливом на бечевники и после спада вод разлива разносятся ветром, образуя дюны, вздутые пески и барханы (кучугуры).

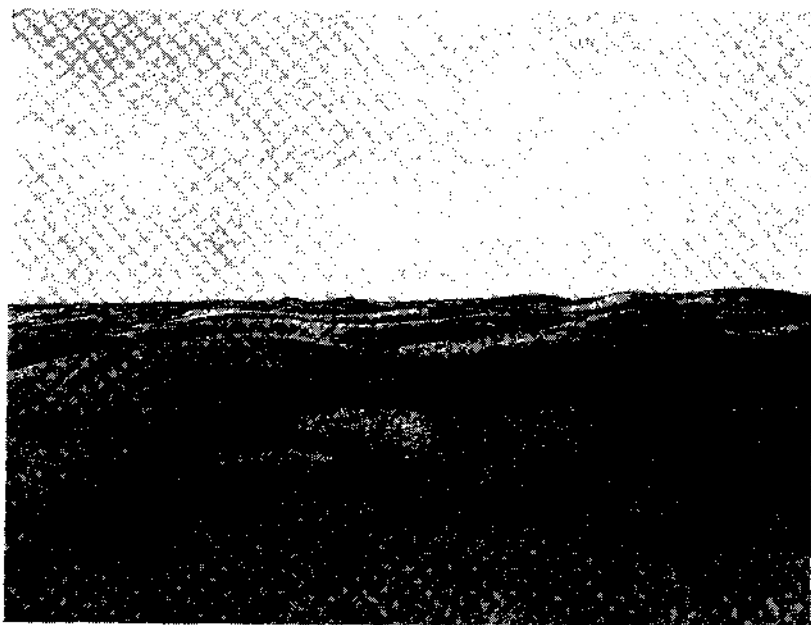


Рис. 98. Песчаные кучугуры в Калмыцкой АССР.

После спада весенних вод режим рек может быть двояким в зависимости от характера самой реки. Реки, весь водосборный бассейн которых лежит в области развития бесструктурных почв, по большей части совсем пересыхают, обращаясь в так называемые *балки* [«лощины» (?) по А. С. Козменко] в которые впадает овражная сеть. Балки сохраняют все признаки рек, пойму, террасы и пр., и только русло их покрыто растительностью, так как питание их из первого горизонта грунтовой воды совершенно прекратилось. В русле балок ежегодно весной откладываются и передвигаются с весенними паводками грубые наносы из разнообразных элементов, песка, хряща, камней, журавчиков, неразмытых комков почвы и т. п. Часто русло балок превращается в ряд бочагов, образующихся вследствие пересыпки русла вышеупомянутыми наносами и овражными наносами. Часть бочагов может сохранять воду в течение всего года вследствие пополнения ее ливневыми водами. Иногда русло балок может прерываться озерами, представляющими подобные же более глубокие бочаги (бывшие омуты), питаемые более глубокими горизонтами грунтовых вод, область питания которых пространственно шире территории бесструктурных почв.

Сохраняют характер непрерывающихся, постоянно текущих рек только такие, водосборный бассейн верховьев которых или их больших притоков лежит

в зоне, сохранившей в значительной части лесной покров, или реки, истоки которых лежат в области ледников. Но и реки этого порядка, входя в область бесструктурных почв, претерпевают глубокие изменения в своем режиме. Их меженьный уровень после многоводного весеннего разлива быстро понижается до своего минимального, часто не судоходного уровня. Кроме того, фарватер реки ежегодно после весеннего разлива оказывается загромажденным песчаными мелями и перекатами, отлагающимися каждый раз на новых и неожиданных местах. Степень понижения меженьного уровня может дойти до полного исчезновения течения даже таких рек.

Комбинация бочажной, питаемой местами выходами («ключами») более глубоких горизонтов грунтовой воды с исчезновением нижнего течения русла реки может образовать реку «без начала и конца».

Понятно, что все ключи, питавшиеся из первого горизонта воды, также иссякают, и о них сохраняется только воспоминание, зафиксированное в названиях урочищ или населенных мест. Сохраняются лишь немногочисленные ключи, определяемые выходами более глубоких горизонтов грунтовых вод. Такие ключи обыкновенно приурочены к нижним концам глубоких оврагов.

Следует обратить внимание на неправильность переоценки так называемой дренажной роли овражной сети, которой обыкновенно приписывают исчезновение грунтовой воды первого горизонта. С таким часто механическим связыванием в порядке причинной зависимости двух совместно существующих явлений, конечно, согласиться нельзя, так как диалектический анализ приводит с неопровержимой убедительностью к выводу, что оба процесса, наличие овражной сети и исчезновение первого горизонта грунтовой воды, представляют функциональные следствия одной и той же причины, установления волосного порядка водного режима почвы как функционального следствия ее бесструктурности.

Степной период почвообразования в СССР. Остановимся на изучении *степного периода почвообразовательного процесса в чистой форме его проявления*. В такой форме он встречается в равнинной части среднеазиатских республик.

Почвообразующие породы, покрывающие эти обширнейшие равнины, так называемый «среднеазиатский лёсс», представляют также моренные отложения. Страна в своей геологической истории пережила ряд оледенений, и отложения материкового льда последнего оледенения залегают на моренных наносах предыдущего оледенения, что в значительной мере затушевывает ясность общей картины.

Внимательное изучение мягких покровных пород, начиная с высот Памира, Тянь-Шаня и Тарбогатая и до бассейнов Аральского и Каспийского морей, с несомненностью устанавливает, что вся поверхность необъятной равнины покрыта валунными наносными породами. В средней части своего распространения они сложены из карбонатной морены с незначительной примесью элементов кислой алюмосиликатной морены. По направлению к югу карбонатная морена постепенно обогащается элементами кислых алюмосиликатных пород, переходя местами в чистую кислую алюмосиликатную морену.

В северной части к карбонатной морене примешиваются кислые алюмосиликатные и кварцевые породы.

Валунные мягкие наносы на обширных площадях подстилаются более или менее мощным горизонтом полуперемытой валунной или безвалунной, песчаной или хрящевой породы. Весьма характерная особенность этой полуперемытой породы — присутствие в ней *«глиняных валунов»*. Глиняные валуны представляют окатанные куски несортированной глинистой породы, подстилающей в тех же местах полусортированную породу.

С юга, юго-востока и отчасти с юго-запада вся обширная равнина окружена высочайшими горными цепями, отроги которых местами далеко вдаются в равнину. Эти горные цепи и теперь еще несут на себе многочисленные ледники.

Эта часть страны наиболее древняя по абсолютному почвенному возрасту по сравнению с более северными частями. Исследование открывает в самых разнообразных частях области реликтовые остатки предшествовавших периодов *стадий почвообразовательного процесса*.

Находятся погребенные более поздними делювиальными наносами отпечатки тундровых лишайников, обратившихся в известковую кору, покрывающую элементы погребенного элювия. В этих остатках можно не только открыть присутствие щавелевокислого кальция, но микроскоп показывает и превосходно сохранившиеся форму апотеции лишайников и их слоевища.

Далеко не редкими представляются находки в этой области пластов погребенного торфа с превосходно сохранившимися раковинами моллюсков. Еще более часто находятся остатки корневищ хвощей, тростника и ряда плотнокустовых злаков, оставляемых ветром вместе с валунами и хрящом в котловинах выдувания. В последних же находятся плитки и массовое скопление бобовин рудяка. В глубоких разрезах под покровом навейного песка нередко залегают мощные структурные почвы, сохранившие еще остатки перегноя. Наконец, всюду под покровом современной бесструктурной и бесперегнойной поймы неизменно встречаются мощные горизонты зернистой поймы. Всюду в почвенном покрове страны запечатлен и почвенный возраст страны.

Обширная коллекция почвенно-агрономического музея моего имени в Тимирязевской сельскохозяйственной академии располагает сотнями образцов таких реликтов из числа тех нескольких тысяч образцов, которыми музей обязан неутомимой энергии *Дмитрия Демьяновича Букинина*, проникавшего в трудно доступные места этой области.

Полное разрушение всего количества перегноя, ежегодно создаваемого зеленой растительностью и микроорганизмами, влияет на все свойства почвенного покрова страны, а через него и на климатические условия области.

При оценке значения этого факта нельзя упускать из виду, что вся территория области покрыта почвообразующей породой, в которой карбонат извести занимает видное место. Присутствие поглощенного иона кальция в такой почве поддерживается как бы автоматически.

Растительность, выросшая на почве, богатой известью, всегда содержит в золе большое количество кальция в силу простого преобладания солей этого элемента в почве. Поэтому ежегодно разлагающаяся растительность непрерывно снабжает почву новым количеством солей кальция и устраняет возможность вымывания поглощенного катиона кальция путем обменного разложения с катионами одновалентных металлов.

Среднеазиатский лёсс. В результате все почвы этой области, независимо от механического состава, отличаются совершенно выраженной агрегатной структурой, что и заслужило им название лёсса. Среднеазиатские лёссы не имеют ничего общего с золовым лёссом, под которым подразумевают породу, сложенную из мельчайших частичек, принесенных ветрами из отдаленных областей. Почвообразующей породе, заключающей гравий и валуны самых разнообразных пород, нельзя приписывать экзотическое золовое происхождение. Нахождение безвалунного лёсса в поймах рек, берущих свое начало в ледниках, тоже не имеет ничего общего с золовым происхождением.

Агрегатность лёссовидной почвы или породы придает всей массе ее равномерно однородное свойство *волосности*. Движение воды в такой породе почти исключительно волосное.

Это накладывает определенный отпечаток как на водный режим почвы, так и на водный режим всей страны, а следовательно, и на климат ее. Волосное движение воды совершается с прогрессивно замедляющейся скоростью, при этом чем больше начальная скорость этого движения, тем больше и быстрота замедления движения — тем скорее оно затухает. В лёссовых, агрегатных породах первоначальная скорость волосного движения воды очень невелика, и поэтому они промачиваются на большую глубину, нормально до 1—1,5 м.

Во время дождя начинается волосное просачивание воды в почву, но вследствие скорого замедления его все количество притекающей воды не успевает проникнуть в массу почвы. На поверхности почвы быстро обособляется слой капельно-жидкой воды, появляются делювиальные струи. Так как поверхность почвы

не обладает прочностью структуры вследствие отсутствия перегной, то размыв ее совершается очень легко.

Эрозия почв степной области. Отсюда парадоксальная на первый взгляд особенность этой области: количество выпадающих осадков очень невелико, а следы эрозивной деятельности воды чрезвычайно велики.

Таковы условия притока воды в почву. Но как только прекратился дождь, так тотчас начинается испарение воды поверхностью почвы. Создается разница в степени влажности поверхности почвы и ее нижних горизонтов, и волосной ток всей массы воды направляется к испаряющей поверхности почвы. Так как испарение с поверхности непрерывно продолжается, а следовательно, непрерывно поддерживается абсолютная величина меньшей влажности на поверхности почвы, то и скорость этого восходящего волосного тока воды становится равномерной или ускоренной в зависимости от скорости испарения. Вследствие того, что все промежутки почвы обладают равномерно-волосными свойствами, весь запас воды всей своей массой направляется к испаряющей поверхности, и почва быстро и полно вымывает до состояния мертвого запаса воды, не способного передвигаться волосным путем.

Чем мелкозернистее почва, тем больше величина суммы поверхностей ее частиц, и следовательно, тем больше и величина мертвого запаса воды почвы. Величина мертвого запаса воды приблизительно вдвое больше величины гигроскопичности почвы, т. е. того количества воды, которое сгущается на поверхности частиц почвы в атмосфере, насыщенной водой при условии постоянства температуры почвы и воздуха, равной 15°. Величина мертвого запаса воды колеблется для различных почв в очень широких пределах.

Приведем полученные разными исследователями величины мертвого запаса воды (в процентах от веса почвы):

Песчаная почва	1,5
Супесчаная почва	2,2
Суглинистая почва	4,7
Глинистая почва	8,0
Перегнойно-песчаная почва	12,3
Чернозем	14,17
Торфяные почвы	20—50

Влажность самого поверхностного горизонта почвы, когда в ней остался мертвый запас воды, падает еще ниже, и почва, лишенная агрегатного состояния, обращается в пыль. Это происходит потому, что дождь легко выщелачивает углекислую известь вниз, возвращение же последней вверх с волосным током воды сильно затруднено.

Запас воды в такой почве и невелик, и непрочен, он эфемерен.

При таком водном режиме почвы, независимо от свойств почвообразующей породы, питание рек второго порядка совершенно прекращается, и остаются только реки первого порядка, питаемые грунтовой водой, бассейн которой лежит в горных областях, еще не утративших своего покрова леса, или в областях, питаемых ледниками.

При таком водном режиме и условия климата должны резко измениться: чрезвычайно падает влажность воздуха, и все элементы климата приобретают характер контрастности.

Обособление в почвообразующей породе этой области горизонтов карбонатного и гипсового, которые могут совмещаться в один, полностью или частично разобщает водный режим горизонтов, лежащих выше и ниже. В случае отложения гипса в форме мелкого порошка образуется чрезвычайно влагоемкий горизонт, в котором одинаково затухают и восходящий, и нисходящий волосные токи воды. В том случае, когда гипс отлагается в песчаной породе в форме кристаллов и друз, этот горизонт остается проницаемым для нисходящего тока, но восходящий ток в этом грубозернистом горизонте встречает непреодолимое препятствие.

Пресные и горько-соленые почвенные воды. В этой области поэтому часто встречаются среди выжженной пустыни колодцы («каки») с пресной водой на глу-

бине, не превышающей 1,5—2 м. Так же часто встречается горизонт горько-солевой почвенной воды, часто представляющий насыщенный соляной раствор, и на небольшой глубине второй горизонт пресной воды.

Участь легко растворимых солей, хлористого и сернокислого натрия, иная. В поверхностном слое агрегатной, лёссовидной породы изобилуют неволосные промежутки, ходы корней, ходы и норы пауков и личинок насекомых, роющих млекопитающих. Когда дождевая вода проникает в этот горизонт, неволосной токе ее устремляется к понижениям рельефа. *Этот ток воды захватывает растворимые соли и уносит их в понижения рельефа.* По этой причине пониженные элементы рельефа заняты постоянными или высыхающими солеными или горько-солеными озерами или солончаками.

Образование солончаков. Преобладающие соли в солончаках представляют сернокислый натрий и хлористый натрий, но в подчиненных количествах встречаются и многие другие соли, в зависимости от комбинации местных условий.

Особенно большой производственный интерес представляет *нормальная сода*, или углекислый натр (карбонат натра), вследствие его сильного отрицательного влияния на структуру почвы и чрезвычайной ядовитости для растений.

Карбонат натра образуется при усвоении растениями серы как пищи из серонатровой соли с одновременным освобождением большого количества гидроксильных ионов. Освобождающиеся гидроксильные ионы вызывают сильное увеличение щелочной реакции почвы. Катион натрия замещает поглощенный перегноем катион кальция при одновременном образовании нового количества свободных гидроксильных ионов.

В щелочной среде в присутствии воды перегной, содержащий поглощенный катион натрия, переходит в состояние коллоидального раствора. Тонкие минеральные элементы почвы (окись железа, алюмокремневая кислота) переходят в состояние, близкое к коллоидальному раствору (диспергируются). Вся масса почвы превращается в жидкую грязь.

По мере высыхания почвы, которое совершается быстро вследствие сплошных волосных ее свойств, объем диспергированного перегноя сильно уменьшается. Так как почва совершенно утратила всякие следы структуры, то при быстром уменьшении объема вся масса почвы разрывается глубокими трещинами на отдельные столбы. Вершины столбов приобретают как бы лакированную поверхность вследствие высыхания на них коллоидального раствора перегноя и покрываются выпревом и напосом кремневой и кремнетитановой кислот. Получаются *глубоко столчатые, корковые солонцы* (трещинники Западной Сибири). Иногда к выпревам при-



Рис. 99. Столчатый муравейник белого муравья (термита) в Кении (Южная Африка), высота муравейника 10,7 м (фото В. Маджисина из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 2).



Рис. 100. Наносы селя в ущелье р. Ак-Так и каменная глыба, которую селевый поток катил на 1,5 км (по Раунеру).



Рис. 101. Обрыв безвалунного лёсса по левому берегу реки Сыр-Дарья в Кокандском р-не Узбекской ССР (фото А. Е. Любченко).

соединяются воднорастворимые соли, и тогда солонцы постепенно переходят в солончаки.

Из двух наиболее распространенных в почвах этой области солей *хлористый натрий* передвигается вниз по склону быстрее *сернокислого натрия*. Причина этого процесса, — повидимому, разница кристаллических форм этих солей.

В промежутках между редкими дождями горизонтальный ток почвенной воды прерывается, и растворенные в воде соли выносятся вследствие испарения на поверхность почвы. Сернонатровая соль выпадает в форме очень тонких игольчатых кристаллов, напоминающих налет плесени. При высыхании она теряет кристаллизационную воду и рассыпается в тончайшую пыль безводной соли, которую ветер вновь разносит по всей территории. Поваренная же соль образует кубической формы кристаллы, которые плотно держатся на поверхности почвы.

Из предыдущего разбора процессов степного периода почвообразования ясно, что состояние солончака представляет нормальную и более позднюю стадию развития степного периода почвообразовательного процесса, следующую за состоянием солонца.

Под влиянием более значительной концентрации солей (электролитов), притекающих с более повышенных элементов рельефа, бесструктурная почва солонца приобретает *ложную (непрочную) структуру солончака*. Мелкие частички почвы, находящиеся в дисперсном состоянии (не сцементированные в прочные агрегаты), *сбиваются (свертываются)* в непрочные хлопья или сгустки, похожие на мелкие комки (поэтому прежде солончаки назывались *структурными солонцами*). Мелкость ложных микроструктурных элементов солончаковых почв не нарушает сплошных волосных свойств всей массы солончаковой почвы, внося в нее лишь количественные изменения.

Сели и каменные реки. Все реки этой области, не берущие начало в ледниках окружающих гор, *иссякли*. От них остались лишь старые русла, почти заваленные ветровыми наносами. Горные притоки рек также *иссякли* вследствие обезлесения гор, или они *иссякают* по выходе в долину, даже в тех случаях, когда вода их не разбирается для орошения. Каждый выпадающий в горах дождь образует бурные «селевые» потоки, или так называемые *сели*, которые сносят с гор остатки почвы и рухляк выветривания, отлагая весь снесенный материал, «пролювий», в долине в форме несортированной массы. Пролувий отличается от ледниковых наносов отсутствием подстилающей полусортированной поддонной морены и острогранностью своих крупных элементов — осыпей. В промежутках между ливнями, вызы-

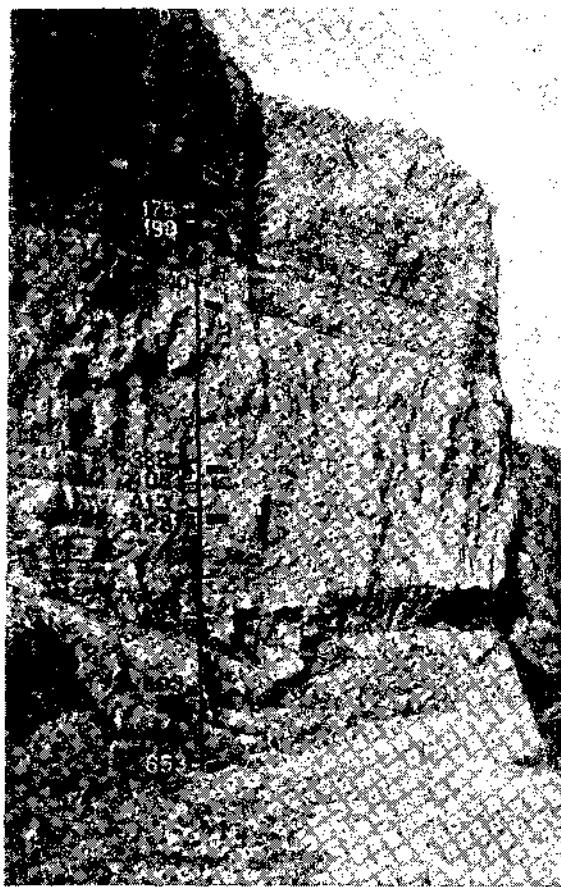


Рис. 102. Тот же обрыв безвалунного лёсса, что и на рис. 101. Чередующиеся слои разного механического состава общей высотой в 6,5 м (фото А. Е. Любченко).

вающими эти грязевые потоки, по сухим руслам текут *каменные реки*, состоявшие из медленно перекачивающихся вниз элементов — осыпей.

Область поймы среднеазиатских рек. Пойма степных рек этой области чрезвычайно широка, что находится в согласии с абсолютным почвенным возрастом страны; обыкновенно она измеряется десятками километров. Поверхность ее всегда волнистая, и в настоящее время на заливаемой ее части откладывается бесперебойный мелкий осадок современной *ледниковой мути*. Сначала осадок совершенно бесструктурен, но скоро под влиянием извести приобретает агрегатную структуру *безвалунного лёсса*. Осадок содержит большое количество углекислой извести.



Рис. 103. Саксауловый лес в дюнах р. Нарын, Казахской ССР
(фото А. Е. Любченко).

Современная слоистая пойма всегда подстилается зернистой поймой, переходящей в глеевый горизонт, залегающий, в свою очередь, на нижних аллювиальных валунных или безвалунных песках.

В притеррасной области, занесенной делювиальными и золовыми сносами, очень часто сохраняется погребенный торф, обыкновенно без уступа, незаметно подстилаемый оглеенным пльвуном. Современная пойма рек переходит в террасы, уже не заливаемые рекой. Последняя терраса переходит в коренной моренный лёсс. Обыкновенно эти два типа рельефа определяют словами *высокая и низкая степь*.

Низкая степь, состоящая из нескольких террас, сложена из безвалунных наносов реки; высокая степь сложена из валунных отложений ледника.

Степные реки обыкновенно изобилуют рукавами, островами и песчаными отмелями. Вода их даже в межень мутна и несет много ила, ледниковой мути. Эти реки текут большей частью по руслу, занесенному наносами и отделяемому от долины дюнами. Уровень меженной воды в них выше области долины, непосредственно прилегающей к дюнам.

Речные пески степной области. Дюнные пески, отлагаемые степными реками, внесенные непосредственно из области ледников, содержат обыкновенно *очень большое количество измельченных, но еще не выветрившихся минералов*. Выветривание песков идет энергично на месте их отложения. При этом образуется много



Рис. 104. Вынос ветром дюнных песков и обнажение жерней саксаула
(фото А. Е. Любченко).



Рис. 105. Вдутые пески, образующие барханы, покрытые растительностью песков. Берег Сыр-Дарьи Ковандского р-на Узбекской ССР (фото А. Е. Любченко).

таких солей, которые не встречаются в солончаках высокой степи, это — магnezиальные соли и хлористый кальций. Так как проницаемость дюнных песков значительна, а волосность мала, то дождевые воды хорошо промывают пески и вымывают образующиеся соли в междюнные котловины, где они к концу лета обра-

зуют толстые корки. По характеру и происхождению своих солей эти солончаки приречных *тугаев* вполне аналогичны солончакам высокогорных областей.

Повышения рельефа этих песков заселяются обыкновенно лесами саксаула (*Arthrophytum ammodendron* Litw.) (рис. 103) и тамариксами (*Tamarix*), образуя



Рис. 106. Развечаемые материковые пески в Кызыл-Кумах по дороге Казалинск—Чимбай (фото Д. Д. Вукинича).



Рис. 107. Каменистый покров пустыни, образовавшийся вследствие развевания материковых моренных песков. Кокандский р-н Узбекской ССР (фото А. Е. Любченко).

так называемые тугай, или коридорные леса, полосами окаймляющие реки с обоих берегов.

Отлагаемые степными реками пески выносятся ветром и в область высокой степи, где они образуют часто обширные области *бугристых вздутых песков*, то покрытых рябью, то всхолмленных в *барханы* (рис. 105). Вздутые пески песчаных

пустынь как на гребнях барханов, так и в межбарханных понижениях отличаются значительной выровненностью.

Материковые моренные пески. Совершенно иными представляются области развееваемых материковых песков (рис. 106). Эти пески представляют области песча-



Рис. 108. Такыр на левом берегу Сыр-Дарьи. Кокандский р-н Узбекской ССР (фото А. Е. Любченко).

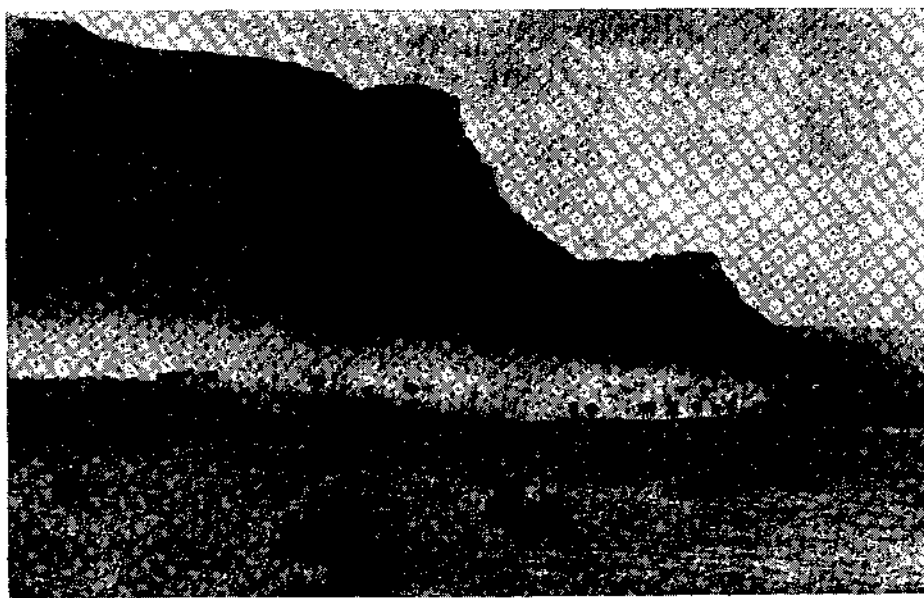


Рис. 109. Пастьба на зимних пастбищах (жишлагах) в Тексасе США (по А. Сандерсу из *The Nat. Geogr. Magaz.*, 1925, № 12).

ной морены, где ветер сортирует элементы ее. Вдуваемый в барханы песок более или менее сортирован, хотя в зависимости от силы ветра масса барханов сложена из слоев песка самой разнообразной крупности. Нередко в массе песка крупностью от 0,5 до 0,25 мм встречаются слои песка крупностью от 2 до 1 мм.

Межбарханная пониженная, или *котловины выдувания*, этих областей покрыты слоем *ветрового элювия*, хрящом и валунами самого пестрого петрографического состава. Среди валунов часто попадаются раковины *Ostrea* и *Gryphea* и особенно характерные «глиняные» валуны.

Такыр и ала. В этих же областях встречается и другое характерное образование, *такырные площадки* (рис. 108). Такыры представляют делювиальные сносы глины с поверхности бугристых песков. Обыкновенно такыры в разрезе представляют правильное чередование тонких и толстых прослоек делювиальных *такырных* *глин* и тонкого развеваемого в сухое время песка. Такыр, находящийся в периоде его заветывания песком, носит название *ала*.

Настоящее состояние низкой и высокой степи много обязано не урегулированному в прошлом состоянию кочевого скотоводства. В течение всей зимы и весны, до начала лета, высокая и низкая степь служит в качестве *жилагов*, *зимних* и *весенних пастбищ*, пастба на которых совсем не урегулирована (рис. 109). В начале лета скот кочевников перегоняется на *айлаги*, летние горные пастбища (рис. 110). В это время наступает жара и бездождный период. За этот летний период растительность полей и степи, выгрызенная до самого корня, конечно, не может оправиться. Между тем в почве сохраняется большое количество живых органов первоклассных трав. Только осенью растительность высокой и низкой степи начинает вновь поправляться, и к этому же времени вновь пригоняется скот кочевников, оставивший после себя такое же разрушение на горных пастбищах. Опять начинается бессистемное стравливание зимних пастбищ, на которых скот ведет полуголодное существование.

Каменная степь. Поверхность высокой степи всегда покрыта так называемым *пустынным покровом*, который представляет *ветровой элювий* морены, мелкие механические элементы которой унесены ветром, и на поверхности остается часто сплошной покров из валунов, камней, хряща и других крупных элементов морены, что дает повод говорить то о каменной, то о дровяной степях. Среди элементов пустынного покрова нередко зерна рудяка, реликта прежних периодов почвообразования.

Пониженные элементы степи в большей или меньшей степени засолены и большей частью покрыты своеобразной флорой *солянок*. Солянок две группы, однолетние и многолетние. *Все однолетние солянки принадлежат к автотрофно питающимся растениям, тогда как все без исключения многолетние солянки принадлежат к микотрофно питающимся.* Особенность последних та, что у них чрезвычайно развита *корневая шейка*, обыкновенно многократно разветвленная и покрытая тесной массой коротких, белых, часто дихотомически разветвленных отростков микоризы. В природных условиях корневые шейки этих многолетних солянок всегда бывают окружены густым войлоком прибитых к ним ветром мертвых надземных остатков отмершей летом степной флоры. Эти остатки посредством микоризы как бы срастаются с корневыми шейками.

Растительность песков степной области. Пески этой области также покрыты своей специфической флорой, которая также резко делится на три группы:

1. *Эфемеры*, большей частью карликовые растения, использующие аэробное разложение поверхностно навеванных вместе с песками органических остатков.

2. **Плотнокустовые злаки**, обладающие двумя особенностями, — они долго сохраняют сильно развитые, богатые кремнеземом листовые влагалища, составляющие надежную защиту от ударов песущихся песчинок, которые все снашивают и полируют на своем пути, так что *все элементы пустынного покрова как бы отполированы.* И затем они способны быстро развивать *вертикальное ложное корневище*, что позволяет им следовать за быстрым подъемом уровня навываемого песка. Эти злаки все микотрофного типа питания, и войлокообразная микориза их особенно усиленно развивается на ложных корневищах. К таким злакам принадлежат песчаные тростники (*Elymus angustus* L., *E. dasystachys* Trin.). Обыкновенно среди зарослей песчаного тростника поселяются также микотрофный песчаный тонконог (*Koeleria glauca* D. C.) и типец (*Festuca sulcata* Hackel.).

3. Наконец, на закрепленных барханах поселяются также *микотрофные деревянистые*: *Salsola arbuscula* Pall., саксаул (*Arthrophytum ammodendron* Litw.), тамарикс (*Tamarix*) и бобовые: *Halimodendron argenteum* D. C. и *Ammodendron Kargelini* Fisch. et Mey и *A. Conollyi* Bge.

Своеобразна также и карликовая флора такыров.

Степная зона в европейской части СССР. В европейской части СССР, где степная зона совсем неразвита, встречается только пояс южных черноземов, который на западе сливается с областью почв, развившихся под покровом широколиственных лесов. На юге эта полоса переходит в почвы, развившиеся на коренных породах Яйлы, в полосу песчаных отложений Днепра. Лишь на востоке и юго-востоке черноземы постепенно переходят во все более светлоокрашенные, шоколадные, каштановые, рыжие и, наконец, бурые и бесперегнойные почвы степи.

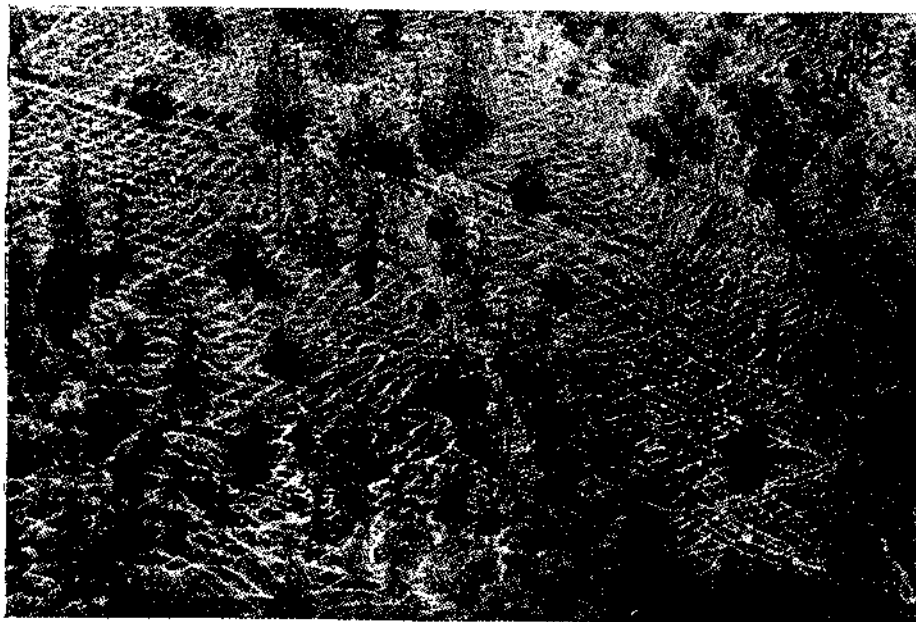


Рис. 110. Вид летнего пастбища (эйлага) в Индии, испещренного тропишками, протоптанными пасущимся скотом (по А. Сандерсу из *The Nat. Geogr. Magaz.*, 1925, № 12).

Указанные цвета и оттенки — результат комбинированного влияния цвета материнской породы, количества неразрушенного перегноя почвы и ее структурного состояния. Так как указанные факторы, в свою очередь, обуславливаются рядом других современных и прошедших условий, то положить их в основу деления этих почв нельзя. Лучше всего это выяснилось в попытке выделения зоны комплексных почв. Это признание комплексности почв — не более как недостаточно ясно сформулированное признание влияния рельефа на распределение степени выраженности свойств почвы по поверхности территории. Мы в течение всех предыдущих глав видели, что во всех периодах и стадиях почвообразовательного процесса влияние рельефа на его выражение было очень ясно, и почвенный покров всякой области должен быть признан по этой причине комплексным.

Почвы степной зоны можно характеризовать как бесперегнойные, соленосные и бесструктурные. Все специфические свойства почв этой области представляют только функции этих свойств. В свою очередь, бесперегнойность, соленосность и бесструктурность почвы также генетически связаны между собой причинной зависимостью. В почвах перегнойных вся масса зольных элементов пицци растений, кроме того количества, которое находится в поглощенном состоянии, находится в конституционной связи с органическим веществом. Минеральные соли,

растворенные в клеточном соке или находящиеся в нем в нерастворимой форме в виде рафидов, цистолитов и подобных им образований, быстро растворяются дождевой водой вскоре после отмирания органического вещества и, проникая в почву, или поглощаются ею, или вымываются. По мере разрушения органического вещества все зольные элементы его переходят в форму минеральных солей угольной, серной и фосфорной кислот. В дальнейшем путем простых, но многочисленных и разнообразных реакций между солями, выделяемыми разлагающимся ор-



Р и с. 111. Разветвленная корневая шейка *Anabasis Salsa* Volk. На корнях и шейке микориза в виде коротких белых выступов, срастающихся с привлеваемыми органическими остатками (гербарий Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

ганическим веществом, солями, поглощенными почвой, и под влиянием абсорбционной деятельности растений создается сложный комплекс свободных, непоглощенных солей почвенного раствора.

При этом нужно иметь в виду, что при наступлении степного периода вновь возобновляется процесс переноса элементов золь растений из почвообразующей породы в почвенные горизонты. Нет оснований предполагать, чтобы этот процесс возобновился в ослабленной форме, так как корни степных *полудеревянистых* растений нередко проникают на глубину 10—20 м. К тому же под влиянием размывающей и сносящей деятельности воды и развевающей работы ветра, повлиявших на выравнивание рельефа страны, неиспользованные еще глубины породы приблизились к дневной поверхности.

В степных областях, орошаемых реками, берущими начало или в ледниках или вообще в горных областях, где процессы выветривания горных пород протекают очень быстро под влиянием непрерывного обнажения сносом все новых слоев породы, присоединяется еще один фактор. Здесь беспрерывно выделяются в растворимой форме два элемента, в значительной степени выщелоченные из почвообразующей породы равнины, это — натрий и хлор.

Как ни мало содержание хлористого натрия в грунтовой воде областей, орошаемых горными реками, но растения с глубокой корневой системой в течение всего вегетационного периода поглощают его в силу простого присутствия этой соли в растворе и со своими отмирающими надземными частями переносят его в почвенные горизонты.



Рис. 112. Кусты *Haloxetum strobilaceum* М. В. с микотрофной корневой шейкой. На поверхности почвы видна масса навеваемых органических остатков (по Б. Келлеру).

По мере того как почвенный раствор подвигается к пониженным элементам рельефа, он, очевидно, все более обогащается солями, не представляющими пищу растений, как хлористый натрий, или, как в случае сернокислого натрия, воспринимаемого растениями в небольшом количестве по сравнению с чрезвычайно изобильным содержанием в породах. Трудно растворимые соли извести, как мы видели, остаются в более глубоких горизонтах почвы.

Таким образом повышается концентрация двух преобладающих натриевых солей в пониженных элементах рельефа. Под влиянием неизбежной реакции обмена иона кальция на ион натрия, вследствие количественного преобладания его, неизбежно увеличивается степень дисперсности коллоидальных элементов почвы, и постепенно утрачивается агрегатное состояние почвы.

Структура почвы утрачивается, все количество воды в ней обращается в одну сплошную волосную массу, и почва при наступлении летней жары быстро высыхает. В почве уже нет структурных элементов, комков, которые, уменьшаясь в объеме, каждый самостоятельно, маскировали бы общее сокращение объема всей массы почвы. Поэтому в объеме уменьшается вся масса почвы как одно целое, и она разрывается глубокими трещинами. Получается типичный черноземный

солонец со специфической солонцевой флорой, типичные представители которой — кермек (*Statice Gmelini Willd.*) и камфоросма (*Camphorosma monspeliacum Pall.*). При крайнем развитии этого явления образуются *трещинники*, о которых упоминалось выше. Они летом непроходимы, так как площадки почвы, разделенные широкими и глубокими трещинами, легко опрокидываются, и люди и скот рискуют сломать ноги; весной и осенью трещинники обращаются в глубокую (50—70 см), липкую, бесструктурную непролазную грязь. Трещинники пользуются довольно широким развитием в Казахстане.

В *ложных солонцах*, о которых уже шла речь, также иногда развивается подобный процесс утраты структуры под влиянием аналогичных условий вымывания поглощенного иона кальция. Этот бесструктурный горизонт развивается ниже горизонта отложения кремнетитановой кислоты.

Кремневая кислота, содержащаяся в органических остатках, при разрушении их выделяется в растворимой форме и свосится в бессточные понижения, занятые черноземными солонцами, и здесь при высыхании отлагается в виде осадка.

Глубокостолбчатые солонцы области пермской морены. От обыкновенных солонцов (столбчатых, корковостолбчатых, черноземных), приуроченных всегда к пониженным элементам рельефа, надо отличать те *солонцы*, которые развиваются в области пермской морены или на карбонатной, или кислой алюмосиликатной моренах, в которых имеется значительная примесь пермской морены.

Эти *солонцы приурочены к высшим элементам рельефа*, к водоразделам, если можно говорить о водоразделах в области, где они все изрезаны и прорезаны почти до состояния предельной равнины (пейн-плэйн).

Название «солонцов» эти образования получали лишь вследствие сходства процесса гибели на них посевов с тем, который наблюдается и на настоящих солончаках, на которых в сухое время «выцветают» корки или кристаллы солей. На солонцах, о которых сейчас идет речь, соли не выцветают. Часто эти солонцы называют «столбчатыми» или «глубокостолбчатыми», иногда «глыбистыми». Легко уяснить себе генезис этих солонцов, если проследить за процессом гибели или страдания на них посевов.

Вся территория страны представляет волнистую равнину, состоящую из бессточных котловин. Неровности ее хорошо заметны лишь ранней весной, когда вся страна покрывается сплошной массой мелких озер круглой или полудискровой формы. Эти озера скоро обсыхают за исключением наиболее крупных, так называемых *лиманов*, в которых вода держится или все лето, или которые обсыхают в такое время, когда сроки посева уже прошли, и ими пользуются в качестве природных заливных *лиманных сенокосов*.

Поверхность области покрыта двумя родами почвы, которые чередуются в правильном порядке. *Все повышения рельефа покрыты светлыми почвами*, то серыми, то рыжими, то каштановыми. *Все понижения покрыты черноземовидными почвами*, черными, с ясным серым оттенком и с своеобразной структурой, смесью мелких комков с распыленной массой почвы.

Почвы эти распахиваются и засеваются одинаково, и лучший хлеб на свежих, недавно вышедших из-под перелога почвах — *твердая яровая пшеница*.

В случае благоприятного лета, в течение которого выпадает два-три хороших дождя, урожай на всей площади хорош. Но в то время, как на черноземовидных он редко превышает 15 ц с гектара, почвы светлые несут «обломный» урожай, достигающий 60—80 ц с гектара. При этом хлеб редко выстает, он большей частью полегает перед уборкой, «обламывается», тогда как рядом, на черноземовидных почвах, он не полегает. Урожай на светлых почвах поспевает часто на две недели позднее.

Качество зерна на этих почвах также различно. На черноземовидных зерно ровного качества, с содержанием 17—18% белка. На светлых почвах урожай содержит до 20% щуплых тощих зерен, но остальное зерно — янтарное, крупное, с содержанием белка в 21—23%. Солома также различна: первая — однородная, вся желтая, вторая — содержит много зеленых стеблей (подгона) и листьев у большинства стеблей. Количество соломы также гораздо больше на светлых почвах.

Совсем иная картина получается, если дожди запаздывают. С весны, пока почва еще сохранила весенний запас воды, всходы и молодые растения буйно развиваются на светлых почвах. Лист их гораздо шире и сине-зеленого цвета, кущение гораздо обильнее. Дальнейшая участь молодых растений пшеницы зависит от времени наступления засухи, будет ли она весенняя, или наступит летом, после того, как пшеница отцветла.

В том и другом случае на черноземовидных почвах лишь в исключительных случаях бывает полный неурожай. Запоздавшие дожди в большинстве случаев дают возможность хлебам поправиться, и урожай бывает только в большей или меньшей степени пониженным.

Выгорание посевов, захват, или загал, растений. На светлых почвах, если засуха наступает исподволь, молодые хлеба постепенно желтеют, блекнут и погибают. Но если засуха наступает быстро, под влиянием восточного ветра-суховея, то буйные всходы пшеницы дня в два высыхают, не успев пожелтеть, они на корню обращаются в сено, выгорают.

В случае летней засухи развивается процесс *захвата*, или *загала*. Он состоит в преждевременном высыхании зерна, и степень захвата будет зависеть от фазы зрелости, в которой зерно подверглось преждевременному высушиванию. Если оно захвачено в стадии, близкой к молочной спелости, то получается зерно, состоящее почти исключительно из оболочек, содержащих небольшое количество белого крахмалистого вещества. Всхожесть такого зерна равна нулю, и оно годно только в качестве посредственного корма для скота. Если захвачено зерно ближе к восковой спелости, то всхожесть его страдает мало, но зерно не только делается менее нарядным, но оно теряет и в своих мукомольных качествах. Зерно становится щуплым, его поверхность сморщенная, оно теряет свою янтарную прозрачность, становится полосатым, покрытым двумя-тремя белыми продольными полосами. В изломе зерно утрачивает роговидную прозрачность и делается или частично, или сплошь мучнистым. Выход отрубей сильно повышается, выход муки, особенно крупчатки, сильно падает, и мука по своим качествам ближе к муке мягких пшениц.

Черноземовидные почвы переходной области. Все вышеизложенное не оставляет никакого сомнения относительно причин описанных процессов. Очевидно, что мы здесь имеем дело с ярко выраженным избытком азотного питания.

Под влиянием избытка азота растение весной развивает большую листовую поверхность, которая быстро испаряет запас весенней воды, и если запас ее своевременно не пополняется дождями, наступают описанные кризисы. Изобилие азотного питания влияет также на растянутость периода кущения, вследствие чего часть побегов не успевает своевременно довести свои плоды до нормального созревания, и оно же причина запоздания созревания, хлеба долго «нежатся».

Если сделать ряд разрезов почвы, начиная с повышений, по склону, и кончая понижениями рельефа, получается очень ясная картина. Почвы повышенных элементов рельефа начинаются с поверхностного, бесструктурного горизонта разнообразных цветов, то подзолисто-серого, то краснобурого, рыжего, розового, каштанового. Мощность этого горизонта не бывает значительной, от 1 до 5 см. Его подстилает горизонт очень характерного вида. Если снести верхний пылеватый слой и продуть поверхность обнажившегося горизонта, то она своим видом напоминает булыжную мостовую, представляя непрерывную поверхность, состоящую из плоских закругленных по краям многогранных поверхностей. Углубленные грани поверхностей соответствуют трещинам породы, которыми она разделяется на отдельные многогранные призмы, столбы. Диаметр столбов колеблется для разных мест области в широких пределах, от 1 до 30 см, но для каждой отдельной почвы он довольно выровнен. Трещины к низу смыкаются, переходя постепенно в обычную глинистую почвообразующую породу. Окраска столбов бывает разнообразной, от черно- до красно-коричневой и розово-бурой. С верхней поверхности столбы всегда представляются как бы покрытыми лаком то черным, то темно-коричневым, и эта окраска или лакировка проникает и на поверхности трещин до различной глубины.

Столбы легко отделяются даже рукой.

В верхней части почва столбов совершенно бесструктурна и отличается чрезвычайно плотностью и крепостью, так что в сухом состоянии разбивается только молотком. Во влажном состоянии она становится вязкой и пластичной и копается с большим усилием. Эти особенности постепенно исчезают с глубиной, и столбы незаметно переходят в агрегатную глинистую почвообразующую породу.

В понижениях рельефа сверху встречается полуструктурная черноземовидная почва, в которой черные комки перемешаны с бесструктурным порошком. Комки почвы величиной в 1—2 мм. Распыленная часть почвы сероватого цвета. Иногда попадаются ясные делювиальные прослойки. Мощность верхнего горизонта колеблется от 50 до 150 см.

Под верхним горизонтом залегает отделенный резкой границей слой черной почвы с совершенной комковатой структурой. Мощность этого второго горизонта очень разнообразна, колеблется от 30 до 70 см, и совершенно незаметно он переходит в красно-бурый горизонт плотной вязкой глины, совершенно бесструктурной. Мощность бесструктурной глины колеблется от 20 до 50 см, и она очень постепенно переходит в агрегатную почвообразующую породу. Если вырытую яму оставить на неделю или дней 10 незакрытой, то горизонт бесструктурной глины окажется весь разорванным вертикальными трещинами на многогранные столбы. Трещины смыкаются как снизу, так и сверху, и столбы глины постепенно сливаются с верхним комковатым горизонтом и с нижней агрегатной породой.

По мере перехода от черноземовидных почв понижений к светлоокрашенным почвам повышений заметно, что мощность верхнего полуструктурного горизонта все уменьшается, пока он совсем не выклиняется. Вместе с тем в том же направлении уменьшается в нем количество мелких комков и увеличивается количество распыленной массы, цвет ее делается все ближе к цвету распыленного горизонта повышений.

Одновременно и плотный горизонт бесструктурной глины по мере приближения к возвышению все более приближается к поверхности почвы, все более часто подвергается высыханию и растрескиванию, пока не перейдет в столбчатый горизонт повышений.

Видна ясная картина развевания дерновой почвы, образовавшейся на богатой пермской морене.

Вследствие богатства пермской морены элементами золы растений, болотный процесс не мог выявиться в такой степени, как на кислой алюмосиликатной морене, и победа луга над лесом завершилась полностью еще во время плотнокустовой стадии, которая здесь была представлена преимущественно ковылями (*Stipa pennata* L., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *S. capillata* L.).

Дальнейшее развитие болотной стадии должно было принять чрезвычайно затяжной характер вследствие чрезвычайного богатства органических остатков золой и, следовательно, их чрезвычайно энергичного разложения. Для появления болотной деревянистой флоры не было достаточно яркого стимула, и она подавлялась роскошным развитием злаков.

Деградация тучных черноземов. Наступление степного климата, вызванное исчезновением леса, должно было повлечь интенсивное высыхание и растрескивание тяжелой перегнойно-глинистой почвы, легкий размыв ее летними ливнями и последующее развевание чернозема. При развевании часть комков разрушалась, и в понижения, куда наносилась и навевалась почва, откладывалась полуструктурная масса черноземовидной почвы, которая погребла структурный, «тучный» чернозем.

Мы видели выше, что в пермской морене рудяк откладывается равномерно по всем элементам рельефа и что это обстоятельство и представляет главную причину отсутствия в области пермской морены водораздельных болот. После обнажения путем развевания рудякового горизонта темп дальнейшей дефляции должен был сильно замедлиться, и под влиянием высыхания бесструктурная коллоидальная масса рудякового горизонта должна была покрыться сетью глубоких трещин. Обособился столбчатый горизонт. Богатый азотом горизонт рудяка при

условия наличия влаги должен подвергаться энергичному аэробному разложению. При этом образуется избыток минеральных соединений азота, в том числе и азотно-аммиачная соль, и гуминово-аммиачная. Первая путем обменного разло-



Р и с. 113. Тропический лес во Французской Гвиане (Южная Америка) (фото В. Биби из Asia, Vol. 25, № 4).

жения с апокренатом железа должна образовывать растворимый в воде апокренат аммония.

После неизбежного разрушения аэробным процессом аммония гумата и апокрената на поверхности выветривающегося рудяка должны осесть гумин и апокреновая кислота, и при высыхании они и придают темную лаковую окраску

«головкам» столбов. Анализ всегда показывает значительное содержание апокреновой кислоты в головках столбов.

После разрушения апокрената железа, связывавшего породу в рудяк, должны вновь освободиться механические элементы породы, обогащенные окисью железа, освободившейся из апокрената его. Кроме того, в состав нового горизонта войдут и вещества, бывшие облеченными или поглощенными коллоидами рудякового горизонта, в том числе и большое количество кремнекислоты.

Получившаяся новая раздельночастичная порода и прикрывает столбчатый горизонт.

Очевидно, что при благоприятной влажности эти светлые почвы, беспрерывно освобождающие новые количества минеральных соединений азота и фосфора, равно как и других элементов пищи растений, должны дать «обломный» урожай. И также, очевидно, что при малейшем перерыве в снабжении водой «буйный» хлеб, выросший на такой почве, должен или «выгореть», или *подвергнуться* захвату.

Латериты, красноземы. Нам осталось сказать еще немного о так называемых латеритах, красноземах и желтоземах.



Рис. 414. Поверхность почвы в тропическом лесу, что на рис. 113 (оттуда же).

Эти почвы развиты преимущественно в тропическом поясе и на территории СССР встречаются лишь узкой полосой по восточному побережью Черного моря, где они приурочены к выходам *ультрасосновой породы, андезита*. Эти почвы еще очень мало изучены. Повидимому, насколько можно судить по материалам, касающимся африканских, яванских и северо-американских латеритов, они приурочены к облепленным горным склонам. Все вышеуказанные латериты, кроме кавказских, развиваются на рухляке гранита. Под покровом леса, насколько можно судить по описаниям, образуется типичный глубокий скелетный подзол водоразделов с малоразвитым дерновым горизонтом, так называемый «*белый латерит*».

Рудякового горизонта под ним не образуется. Прилегающие к горным склонам делювиальные сносы гранитного рухляка, напротив, отличаются очень сильным развитием рудякового горизонта, и, кроме того, вся порода прокрашена в яркие цвета, красный, рыжий или фиолетовый.

В африканских латеритах рудяк скопляется в крупных конкрециях разнообразной формы и служит в качестве богатой железной руды. В американских латеритах все элементы крупнее 0,001 мм представляют чистый белый кварц, к последнему примешан мелкий рудяковый песок, чрезвычайно выровненный (0,5—0,25 мм). Механические элементы мельче 0,001 мм состоят главным образом из яркокрасной окиси железа.

Кавказские латериты развиты в Аджаристане и приурочены к выходам андезитового порфира, породы бескварцевой, представляющей основную скрытокристаллическую массу плагиоклаза с вкрапленными кристаллами пироксена, авгита, амфибола и других минералов. Порода чрезвычайно легко выветривается, образуя яркожелтый рухляк, чрезвычайно легкий, содержащий изредка шаровидные куски не вполне выветрившейся породы и прожилки озокерита.

На этом рухляке развиваются сомкнутые буквые леса с густым подлеском вечнозеленых кустарников и сплошными зарослями орляка (*Pteridium aquilinum*

Gleditsch.). Под такими лесами развиваются типичные подзолистые почвы. Поверхность породы покрыта рыхлой массой лесного войлока, за ним следует горизонт мощностью около 5—10 см, окрашенный в бурый цвет. Подзолистый горизонт мощностью до 100 см представляет бесструктурную, весьма легкую массу, состоящую из почти чистой аморфной кремневой кислоты. Кварца в этом подзоле совсем нет. После сводки леса получается почва совсем бесплодная.



Рис. 115. Лianas в тропическом лесу Филиппинских островов (Индонезия) (фото Л. Фримэн из Asia, Vol. XXVI, № 6).

Такой подзол залегает непосредственно и нормально на желтой рыхляковой глине. В зависимости от чрезвычайно пересеченного рельефа склон может кончаться узкой долиной-ущельем с небольшой водосборной площадью, и тогда ущелье занято непролазным ольховым болотом с обильным образованием охры. Или склон переходит в долину с более обширным водосбором. По такой долине протекает обыкновенно горная река. Долины покрыты мощной толщей зернистой

почвы каштанового цвета, отличающейся огромным избытком азота. Овес на такой почве достигает 3—4 м вышины и в урожае дает только солому и мякину.

Наконец, горный склон может переходить в пологий шлейф делювиальных сносов. В этом случае на шлейфе развиваются характерные красные или малиновые почвы, переходящие с поверхности в каштановый горизонт. Эти почвы богаты апокреновой кислотой и представляют рудяковый горизонт без кварцевого подзола, отложившийся на более пологих склонах. Повидимому, эти «кавказские латериты» содержат и окисные железные соли железной кислоты, но конкреций



Рис. 116. Древовидные папоротники *Dicksonia antaretica* в тропическом лесу близ Вьетории (Австралия) (из *The Nat. Geogr. Magaz.*, Vol. XLVII, № 5).

рудяка в них нет. Иногда малиновые почвы бывают занесены сверху делювием желтой глины.

Эти красноцветные почвы, тропические и субтропические аналоги северных подзолов, не следует смешивать с часто встречающимися в южных горных областях красными, малиновыми или розовыми почвами (*terra rossa*), представляющими продукты выветривания в условиях степного почвообразовательного процесса серпентинов, лав или черных и серых известняков, обязанных своей темной окраской соединениям закиси железа. При выветривании соли закиси железа обращаются в малиново-красную окись железа, которая и представляет причину яркой окраски этих почв. Отсутствие перегноя в условиях образования этих почв обуславливает их яркую окраску. Солей апокреновой кислоты эти почвы не содержат.

Буроземы Раманна. В условиях морского влажного климата на карбонатных (осадочных и метаморфических) породах, окрашенных органическим веществом в черный или серый цвет, деревянистая растительность развивается неограниченный срок времени. Образующаяся при грибном разложении мертвой лесной подстилки креновая кислота нейтрализуется щелочной реакцией самой подстилки. Вследствие этого в почву проникает не свободная креновая кислота, а смесь кренатов. В подстилке одновременно протекает и аэробный бактериальный процесс, и жизнь автотрофной флоры обеспечена.

В таких условиях слагаются глубокие структурные почвы, окрашенные в бурый цвет апокренатами. Кренаты (все растворимые в воде) под защитой аэробного процесса, протекающего в верхних горизонтах, восстанавливаются в апокренаты и окрашивают вместе с ульминовой кислотой почву в бурый цвет. Эти почвы носят название «буроземов Раманна».

ПОСВЯЩАЮ
своему лучшему ученику и другу,
заслуженному деятелю науки
профессору
ВЛАДИМИРУ ПЕТРОВИЧУ
БУШИНСКОМУ

РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОГО ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Несомненно, что рассмотрение вопроса об участии организмов в процессе развития плодородия почвы, как ее качественного различия от других природных образований, следовало бы начать с момента обособления земной суши, с какого момента начался процесс выветривания. Но такому началу препятствует чрезвычайно малая изученность этих процессов, и поневоле приходится ограничиться самым общим очерком.

С самого начала такого очерка мы сталкиваемся с кажущимся противоречием с ранее установленным нами тезисом, что плодородие есть качественный признак, отличающий *почву* от *горной породы* и всех других природных образований на земной поверхности.

Мы до сих пор рассматривали образования поверхности земной *суши*, почвы и горной породы, но если мы остановим внимание на *всей* земной поверхности, то мы тотчас найдем другое природное образование, которому полностью присущи качественные признаки почвы, т. е. которое обладает плодородием, служит базой развития живых организмов и также служит «предметом всеобщего труда». Это *гидросфера* или *Океан* в самом широком понимании, т. е. разумея под этим понятием совокупность всех элементов гидросферы: океаны, моря, ледники, «вечные» снега, озера, реки, речки, ручьи, ключи, почвенные, грунтовые, артезианские воды (включая в эти последние и пласты нефти).

В сущности, если шире взглянуть на дело, то всемирным носителем плодородия представляется вода (Гораций), гидросфера, Океан. Она сама элемент плодородия и определяет действительность, воднорастворимость, усвояемость второго элемента плодородия, зольной и азотной пищи растений. И вся разница сводится к воде как массе в Океане и воде как пленке в почве.

Вопрос о плодородии Океана имеет огромную теоретическую важность. Если мы не будем упускать из виду разницу свойств почвы и Океана как масс, будем помнить, что, с одной стороны, мы имеем *рыхляковую*, а с другой стороны, *жидкую* массы, что различие свойств этих масс должно неминуемо повлечь количественную разницу в протекании в них аналогичных процессов и что эта количественная разница не замедлит перейти в качественное различие, то мы будем поставлены перед необходимостью признать, что *причина плодородия Океана есть обитание его живыми организмами, т. е. естественно та же, что и причина плодородия почвы*. Другими словами, положение наше о причине плодородия почвы, выведенное диалектически, правильно, так как оно практически подтверждается в приложении к другому случаю.

Первый вопрос, который возникает при попытке подхода к анализу проявления первичного периода почвообразовательного процесса, это вопрос о месте за-

рождения зачатков жизни на земном шаре. Вопрос далеко не безразличный для почвоведения. Таких областей зарождения жизни на земле две — суша и Океан.

До сих пор преобладающим надо считать взгляд, что жизнь зародилась в Океане и оттуда распространилась на сушу. Существуют даже наивные картинки-схемы, иллюстрирующие, как рогозы, камыши и другие прибрежные корневищевые высшие растения постепенно выбираются на сушу. Конечно, о таких «научных» доводах можно не говорить.

Наиболее часто приводимым доводом за океаническое зарождение жизни служит сходство химического состава минеральной части кровяной сыворотки животных с составом морской воды. Это сходство часто рассматривают как реликт исторической эволюции, сохранившийся в индивидуальном развитии животных. Но непонятно, почему этот реликт не сохранился у растений, организмов с этой точки зрения эволюционно исторически более древних, чем животные. Кроме того, реликты исторического развития, длившегося в течение геологических эпох, при индивидуальном развитии особи длятся лишь неделями и сменяются следующими, между тем как состав кровяной сыворотки надо считать постоянным в течение всей жизни особи.

Совершенно не поддается объяснению, под влиянием какого стимула в абсолютно кристаллической среде морской воды обособилось высшее выражение коллоидального состояния вещества, живая протоплазма. Наоборот, все процессы развития рухляка надлежит рассматривать как переход безводного кристаллического вещества горной породы в состояние водного коллоидального состояния рухляка выветривания.

До развития на земной поверхности зеленой растительности в атмосфере не могло быть озона, так как содержание в ней молекулярного кислорода есть функция процесса ассимиляции углерода углекислого газа. Раз не существовало так называемого озонного экрана, то коротковолновые ультрафиолетовые лучи, входящие в состав притекающей солнечной лучистой энергии, беспрепятственно проникали до земной поверхности и пронизывали водную толщу океана до глубины полной темноты. Ультрафиолетовые лучи убивают все живое, и ясно, что в прозрачной водной среде Океана жизнь не могла зародиться.

Зарождение жизни возможно только в ультрафиолетовой тени, т. е. под защитой нелучепрозрачных элементов рухляка выветривания или ила дна океана. Существование всякого живого организма требует как обязательного условия удаления из окружающей среды продуктов обмена веществ организма. И чем ниже в своем развитии организм, тем требовательнее он в этом отношении, так как у него еще не развиты защитные приспособления.

Элементы земной суши вполне отвечают этому условию, так как они непрерывно промываются водой ее большого геологического круговорота. Трение воды о дно водных бассейнов создает до некоторой степени застойность воды и худшие условия промывания.

Кроме момента удаления из окружающей среды продуктов обмена веществ, всякий организм для осуществления своего качественного признака, отличающего его от тел мертвой природы, способности размножаться, предъявляет еще два условия, наличие элементов пищи и источника энергии.

Мы в предыдущем проследили процессы обособления усвояемых форм пищи растений при протекании химического выветривания. Что касается источника энергии, то их может быть три:

1. Приток солнечной лучистой энергии, для уловления и использования которой требуется наличие пигментов сложного состава, и мы знаем, что растительные беспигментные организмы быстро погибают на солнечном свете. Предполагать наличие пигмента у первичного растительного (синтезирующего) организма нет основания. Повидимому, правильнее рассматривать пигменты как продукты длительного развития и закрепления путем «естественного отбора».

2. Другим источником энергии может быть органическое вещество. Совершенно очевидно, что этот источник энергии для первичного организма должен быть отвергнут. Иначе мы будем принуждены сделать совершенно невероятное предпо-

ложение о существовании какого-то организма раньше первичного организма.

3. Остается единственный известный нам до настоящего времени источник энергии, это — минеральные экзотермические реакции, при которых выделяется тепло, которое бесцветными микроорганизмами может быть преобразовано в форму динамической потенциальной энергии.

Таковыми экзотермическими реакциями могут быть выделение тепла при сжигании высохшей глины, теплота растворения некоторых минеральных солей. Но известны и изучены ряд организмов, использующих как источник энергии реакцию окисления закисных соединений железа и марганца в высшую степень их окисления, окисную железную соль железной кислоты и окисную марганцовую соль марганцовой кислоты, и перекрестную комбинацию этих оснований и кислот; кроме того, известны организмы, использующие реакции минеральных соединений серы, водород и др. Эта группа организмов объединяется под названием *хемотрофных бактерий*. Повидимому, все эти хемотрофы обладают способностью усваивать свободный азот; в особенно яркой степени эта способность выражена у азотобактера.

На первый взгляд может показаться, что тот факт, что все эти хемотрофы — аэробы, стоит в противоречии с общепризнанным взглядом, что содержание кислорода в атмосфере есть функция жизнедеятельности зеленых растений. Но нельзя забывать, по меньшей мере, два других источника свободного кислорода атмосферы в те отдаленнейшие геологические эпохи, это — процессы вулканизма и проникновения ультрафиолетовых лучей до поверхности земли вследствие отсутствия или слабого выражения озонового экрана. Под влиянием этих лучей и высокой температуры лавы водяной пар диссоциирует на водород и кислород.

Только после того как отмирающие хемотрофы начали накапливать на поверхности каменной оболочки земного шара мертвое органическое вещество, могло начаться развитие других организмов на основе постепенного приобретения первичным организмом новых признаков в результате основного свойства протоплазмы, ее *изменчивости*, и закрепления нового признака путем выживания наиболее приспособленных. Изменчивость представляет неизбежное следствие твердо установленного свойства экзoenзим, заключающегося в том, что энзима, определяющая в одних условиях синтез какого-либо органического вещества, при иных условиях вызывает распад того же органического вещества.

Дальнейшее развитие нового организма с новым качественным признаком, способностью разлагать органическое вещество, должно было неизбежно пойти в двух направлениях, анаэробном и аэробном, причем вследствие ограниченного наличия свободного кислорода явное преобладание должно было принадлежать анаэробному процессу. Таким образом биосфера обогатилась еще двумя типами организмов, *бактериями анаэробными и аэробными*. Одновременность развития обоих типов бактерий представляет неизбежное следствие их взаимоотношений. Органическое вещество на границе среды, содержащей даже незначительное количество кислорода, должно разлагаться аэробными бактериями, так как они развились из аэробных хемотрофов и они уже обладают способностью образовывать аэробные энзимы, если можно так выразиться, чтобы характеризовать экзoenзимы, проявляющие свой синтезирующий и разрушающий эффект в присутствии свободного кислорода.

Появление на земной поверхности настоящих бактерий (зубактерий в отличие от хемобактерий) должно было произвести революционный переворот во всем химизме поверхности земного шара.

В атмосфере появилась угольная кислота. Такое утверждение, основание которого выяснится из дальнейших сопоставлений, возбуждает вопрос об источнике углерода органического вещества, синтезируемого хемобактериями. Этим источником мог быть только *метан*. Источник метана в атмосфере совершенно ясен, он выбрасывается в воздух в огромных количествах при всяком вулканическом извержении. Происхождение метана в вулканических газах нельзя считать совершенно ясным. Он может быть продуктом перегонки органического вещества в том

случае, когда изливающаяся огненножидкая масса неглубокого происхождения, не глубже области метаморфических, гранитных пород, и когда изливаются кислые породы. Только в том случае, когда изливаются щелочные или ультращелочные породы, может идти речь о первичном происхождении части выделяемого теперь метана. Части, потому что и в случае более глубокого происхождения огненно-жидкая масса глубоких пород должна пройти через области метаморфических и осадочных пород.

С другой стороны, нам хорошо известны отдельные звенья хемотрофных процессов, использующих отдельные продукты вулканических процессов: водорода, метана, кислорода, сернистого водорода. Но они изучены лишь как отдельные процессы, и совсем не изучены их взаимосвязь и взаимозависимость. Но тот факт, который можно считать твердо установленным, что упомянутые процессы и в настоящее время территориально всегда совмещаются и что, кроме того, они всегда сопровождаются деятельностью железобактерий, марганцовых бактерий и свободно живущих азотобактеров, красноречиво говорит за то, что мы здесь имеем дело не со случайной суммой территориально совместных процессов, а с диалектическим комплексом биологических процессов, взаимно друг друга дополняющих и взаимно друг от друга зависящих. Такой комплекс зубактериальных процессов хорошо изучен по отношению к распаду азотистых соединений: первый член его — клубеньковые бактерии, синтезирующие азотистые вещества; второй член его — бактерии, разрушающие азотистые соединения с образованием аммиака; третий член того же комплекса — нитрозомонас, обращающий аммиак в азотистую кислоту; четвертый член — нитробактер, обращающий азотистую кислоту в азотную, и последний, пятый член всего комплекса круговорота азота — денитрифицирующие бактерии и грибы, разрушающие азотную кислоту до свободного молекулярного азота.

Если мы просмотрим элементы, входящие в круг жизнедеятельности хемотрофных организмов, то найдем почти все элементы, входящие в конституционный состав органического вещества. Углерод — метановые хемобактерии, водород — водородные хемобактерии, азот — хемобактерии, усваивающие молекулярный азот, сера — серобактерии, кислород — все группы хемобактерий, кроме того, железо и марганец, всегда сопутствующие этому комплексу процессов. Не хватает только (еще не открытого) хемотрофного процесса, вводящего фосфор в молекулу органического вещества.

В настоящую геологическую эпоху процессы хемотрофного синтеза органического вещества, несомненно, играют на земной поверхности подчиненную роль по сравнению с явно господствующим процессом синтеза органического вещества зелеными растениями. Повидимому, этот процесс хемотрофного синтеза нужно рассматривать как реликт отдаленнейших геологических эпох зарождения жизни на земном шаре. Этот процесс, в отдельных группировках его звеньев, можно, повидимому, проследить по всем элементам земной поверхности. Но наиболее яркого выражения и наибольшей полноты по количеству слагающих его звеньев он достигает в относительно наиболее глубоких депрессиях земной суши. И чем больше размер водосборного театра депрессии, тем больше выражены яркость и полнота всего комплекса хемотрофизма. Самое полное выражение всего комплекса рассматриваемых процессов мы встречаем в притеррасной области луговой террасы, так называемой притеррасной топи или ключевом болоте; за ним следуют приозерные котловины ледникового ландшафта, далее, окраины подов и лиманов, еще менее ярко и неполно мы видим те же процессы в притеррасных областях надлуговой и коренной террасы (солонные грязи).

К областям наиболее яркого и полного хемотрофизма приурочиваются всегда отложения вивинита, фосфорнокислой закиси железа, и фосфор этого соединения принимает участие во всем комплексе химизма этих образований, что получает яркое выражение в «блуждающих огнях» притеррасных ольховых топей («лесной царь» Гёте). Блуждающие огни — результат вспышек фосфористого водорода при соприкосновении его с кислородом воздуха, вспышек, зажигающих

водород и метан, спутников фосфористого водорода. Эти газы в изобилии выделяются в течение весны из толщ притеррасных топей.

Наличие газообразного закисного соединения фосфора в области ярко выраженного развития хемотрофизма делает весьма вероятным предположение, что недостающий член комплекса хемотрофных процессов, перехода фосфора в органическое вещество, также имеется в наличии.

Трудно предположить, что территориальное совмещение всех перечисленных хемотрофных процессов, захватывающих все конституционные элементы органического вещества, представляет результат простого совпадения условий среды, а весь комплекс представляет простую сумму слагаемых. Это слишком резко противоречило бы диалектике природы.

Само собой напрашивается предположение, что вся сумма этих на первый взгляд разрозненных процессов находится в соотношениях глубочайшей взаимосвязи и взаимозависимости и что они представляют не сумму, а комплекс, подобный тому, какой представляет комплекс пяти процессов, составляющих в своей совокупности качественно новое явление, «круговорот азота».

Так и разбираемый нами ряд хемотрофных процессов представляет по всем признакам комплекс процессов, в результате взаимосвязи и взаимоотношений которых, на основе усвоения углерода метана, получается живое органическое вещество с новым качественным признаком, образованием при распаде угольной кислоты.

Пока в атмосфере отсутствовала угольная кислота, не могло быть и комплекса процессов выветривания; был только один процесс выветривания, так же как в отсутствие органического вещества не могло зародиться иной жизни, кроме хемотрофизма на основе метана и кислорода.

Атмосфера до появления живого организма состояла в подавляющем количестве из инертных газов, азота и, вероятно, его таких же инертных спутников, аргона, неона, криптона, и из небольших количеств метана, кислорода, водорода, водяного пара и продуктов взаимодействия азота, водорода и кислорода под влиянием грозových и тихих электрических разрядов и ультрафиолетовых лучей — аммиака и азотной кислоты.

Этой первоначальной атмосфере противостояла первичная литосфера, первичная каменная оболочка земного шара. Эта первичная литосфера могла состоять только из силикатов и алюмосиликатов. В ее состав не могли входить ни кварц, ни аморфная кремниевая кислота как минералы вторичного образования. Не могли также входить и карбонаты из-за отсутствия углекислоты, продукты жизни в ее уже значительно развитой фазе.

Сопоставляя состав ультращелочной первичной породы с составом первичной атмосферы, мы найдем только один ряд абиотических (минеральных) реакций. В присутствии воды в виде пара и в капельно-жидком состоянии, по мере охлаждения земной поверхности, и кислорода силикаты и алюмосиликаты закисей железа и марганца, которые сильно развиты, если не преобладают (особенно соединения закиси железа) в ультращелочных породах, должны были распадаться на свободную кремневую кислоту и окись железа и окись марганца. Так как эта реакция первоначально (до вступления в процесс азотобактера, зубактерий и грибов) протекала преимущественно в щелочной или нейтральной среде, то освобождавшаяся кремневая кислота выделялась и сохранялась в молекулярно-растворимой форме, следовательно, обладала большой подвижностью и могла легко выщелачиваться в область Океана геологическим круговоротом воды. Кроме того, в местах концентрации раствора на поверхности суши кремневая кислота могла кристаллизоваться в виде тридимита, друз горного хрусталя и т. п.

Та же реакция вызывала и другой ряд процессов. При окислении закиси железа силикатов и алюмосиликатов и переходе ее в состояние свободной окиси железа происходят значительное увеличение объема выветривающегося минерала и, следовательно, общее разрыхление породы, и так как реакция протекает чаще всего при щелочной реакции среды, то в присутствии следов свободного аммиака образовавшиеся окиси железа и марганца приобретают высокую степень дисперс-

ности и легко уносятся даже слабыми делювиальными потоками. В результате отлагаются мощные толщи чистой окиси железа, первичных железных руд, которые под давлением толщ позднее отлагавшихся пород могут получить кристаллическое сложение (диагенезис). В качестве элювиальной породы могут образоваться россыпи минералов первичной породы и залежи (первичного залегания) алюмо-кремневой кислоты (кристаллические каолиниты) и др. Если образующаяся окись железа не может быть снесенной делювиальными потоками, то она образует многочисленные так называемые псевдоморфозы. Те же высоко дисперсные окиси железа и марганца выявляются и в ряде других минералов, образующихся в кварцевых породах, отлагавшихся в результате той же первоначальной реакции. В том случае, когда молекулярный раствор кремневой кислоты, сносимый делювиальными потоками и материковым током геологического круговорота воды, быстро высыхал, он отлагал на месте своего высыхания аморфную массу кремнезема, окрашенную коллоидальным раствором окисей железа и марганца, образующим

одновременно и характерную параллельно-слоеватую раскраску (кольца Лизегенга), породу, носящую название яшмы. Когда слагались условия медленного сгущения того же раствора кремневой кислоты и отлагались первичные кристаллические кварциты, одновременно с ними в трещинах и жеодах (полостях) этих пород слагались условия образования кристаллов кремнекислоты, окрашенных коллоидальными примесями

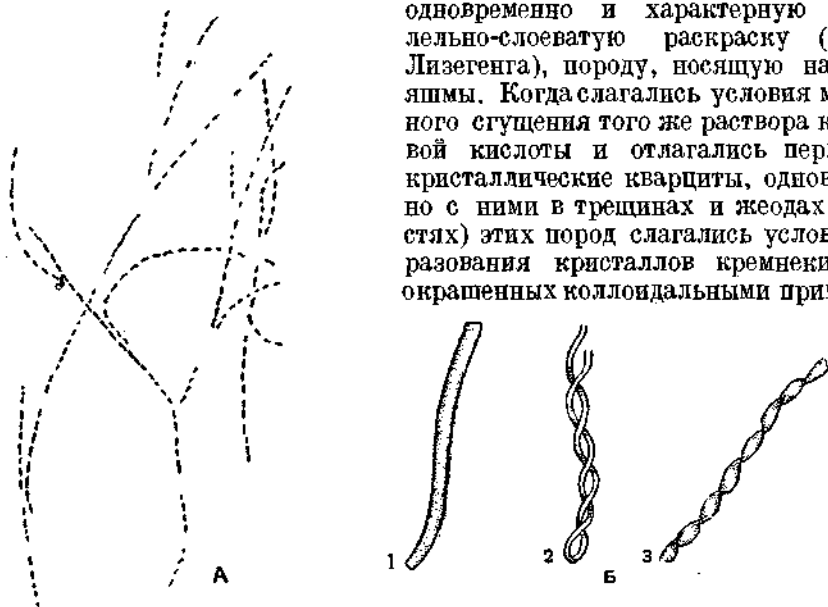


Рис. 117. Почвенные железобактерии: А — кладотрикс дихотома; Б: 1 — спирохиллум феррогинеум; 2 — галлионелла феррогиния; 3 — лепидотрикс охрацеа; А — по Молишу; Б — по Хардеру (из книги Ваксмана).

окиси марганца и окиси железа, друзы аметиста, кристаллы и друзы гиацинта, дымчатого кварца (окрашенного неорганическим веществом), опала, топаза (не «благородного» топаза) и ряда других «полудрагоценных» камней (Миас).

По мере зарождения и развития комплекса хемотрофизма появились два новых могучих фактора. В результате жизнедеятельности хемотрофов, усваивающих атмосферный азот, появилась свободная азотная кислота, и в результате жизнедеятельности всего комплекса хемотрофов появилось, наряду с живыми организмами, и мертвое органическое вещество.

Появление свободной азотной кислоты нужно рассматривать как начало новой эры в жизни земной коры. Не только потому, что получился новый агент выветривания и притом агент чрезвычайной силы, значение которого мы до сих пор далеко не дооценивали. Весь сложный комплекс процессов выветривания получил могучий толчок к убыстрению темпа, первичные породы начали распадаться со значительной скоростью под влиянием агента, которого раньше не существовало.

Но еще большее значение появления азотной кислоты состоит в том, что вместе с ней появились нитраты и под влиянием растворяющего действия той же азотной

кислоты облегчилась доступность усвояемых соединений фосфорной кислоты. Очевидно, что то же появление азотной кислоты вполне обеспечивало следующую фазу развития жизни на поверхности суши всеми необходимыми катионами.

Пока на поверхности суши зарождался и развивался комплекс хемотрофизма, на что потребовался, вероятно, не один десяток тысячелетий, Океан был мертв в самом полном смысле этого понятия. Мы можем себе представить с достаточной четкостью состав воды первобытного Океана. Это должна была быть *теплая*, следовательно, не содержащая растворенных газов дистиллированная вода, вода, содержащая лишь небольшое количество свободной азотной кислоты. Азотная кислота получалась в результате диссоциации азотно-аммонийной соли, образующейся в атмосфере и при этих условиях нацело диссоциированной, причем аммиак целиком улетал из теплой жидкости обратно в атмосферу. Никаких солей, кроме солей галоидов, вода Океана не содержала. Соли, кроме солей галоидов, могли образоваться на поверхности суши при воздействии углекислоты на минералы первичных пород, а углекислоты еще не было — она могла образоваться только в процессе разложения органического вещества.

Очевидно, что в такой обстановке первичного Океана в нем зарождение жизни не могло осуществиться, даже не было условий для первичного хемотрофизма. Все процессы хемотрофизма — по своему существу процессы аэробные и могут протекать только на поверхности первичной горной породы. Следовательно, они в условиях Океана могут быть только донными процессами. Но на дне первичного Океана, даже на незначительной глубине, могли быть только условия анаэробно-зиса.

Появление на мертвой арене первичной истории земной поверхности нового фактора, жизни, повлекло с диалектической неотвратимостью обособление его противоположности, смерти. Тот же момент количественной ограниченности биологически действенных элементов с той же диалектической неотвратимостью послужил стимулом установления еще одного единства противоположностей. Установление процесса синтеза органического вещества неизбежно вызвало и установление процесса разрушения образовавшегося органического вещества.

Процесс разрушения органического вещества может быть только энзиматическим, другими словами, реакция синтеза органического вещества необратима и протекает при термодинамических и электромагнитных условиях возможности своего осуществления только в одном направлении и с определенной скоростью. Изменить направление и скорость этой реакции можно только, изменив температуру, или давление, или напряжение электромагнитного поля, в которых протекает реакция.

В мертвой природе эти изменения достигаются или непосредственным изменением трех условий реакции, или действием катализаторов. В живых организмах те же изменения осуществляются выделяемыми организмами во внешнюю среду так называемыми экзознзимами. Экзознзимы обладают ярко выраженным сочетанием единства противоположностей, т. е. одна и та же энзима при определенных условиях обуславливает синтез определенного органического вещества; при изменении условий, определяемом развитием организма, та же энзима обуславливает разрушение того же органического вещества.

Свойства энзим выработались в порядке развития организмов и закрепились в порядке выживания наиболее приспособленных, так называемого естественного отбора.

Мне представляется пока преждевременным ставить вопрос о том, какие организмы развились раньше, аэробные или анаэробные.

Если внимательно проанализировать свойства энзим, вырабатываемых микроорганизмами почвы, то мы приходим к достаточно определенным выводам. Огромнейшее большинство ученых, изучающих почву, до сих пор еще рассматривают перегной как промежуточный продукт распада органических веществ, синтезированных зелеными растениями. При современном состоянии наших знаний мы не можем оставаться при таком взгляде. Элементарный разбор общих свойств пере-

гноя заставляет отказаться от этого взгляда как от архаизма, неминуемо приводящего в тупик непримиримых противоречий.

Все указывает на то, что перегной нужно рассматривать как отработавшие экзoenзимы тех организмов, которые разрушают в почве органические остатки вышедших растений. Таких организмов в почве мы находим две группы (типа), бактерии и грибы, и в почве мы ясно различаем две группы перегнойных соединений. Эти группы уже 200 лет назад получили название гуминовой и ульминовой кислот для одной группы и креновой и апокреновой, или ключевой и ключево-осадочной, — для другой.

Ясно, что всякий организм, синтезирующий экзoenзимы, обладающие одновременно и созидательными, и разрушающими свойствами, должен в то же время выработать в себе способность защищаться от разрушающего действия своих же энзим.

Такую способность нужно видеть в общепризнанном свойстве полупроницаемости растительных и животных перепонки. Это свойство *полупроницаемости* для экзoenзим представляет не свойство перепонки, а определяется общими свойствами *экзoenзим* (эндоэнзимы, или гормоны, обладают иными свойствами).

Свойство, о котором идет речь, способность *денатурироваться*, т. е. переходить без изменения состава в абсолютно нерастворимое в воде состояние. Денатурирование совершается под влиянием кипячения, замерзания, старения и главным образом при *вытеснении из солей*. Все экзoenзимы почвы — кислоты и выделяются бактериями и грибами в молекулярно-растворимом в воде состоянии. Но легко образуя в почве соли, они при вытеснении из этих солей могут образовывать с водой только коллоидальные растворы, не способные проникать через перепонки.

Насколько ясны условия освобождения среды от энзимы грибной микрофлоры, креновой кислоты, восстановлением ее в апокреновую кислоту, выпадением последней в нерастворимой форме при вытеснении ее из солей и способность микотрофной деревянистой растительности использовать апокреновую кислоту в качестве источника азота, настолько еще представляются сложными и неясными соотношения между комплексом двух типов травянистых растений и соответствующей ему почвенной бактериальной микрофлоры. Между тем при анализе комплекса первичного почвообразовательного процесса мы становимся перед необходимостью подойти вплотную к ряду процессов, в основе которых лежит железный закон единства противоположностей, и всякая попытка решения этих вопросов применением формально-дедуктивной логики неминуемо приводит в безвыходный тупик.

Несмотря на кажущуюся «отвлеченность» этих положений, как раз они лежат в основе *правильного* разрешения ряда важнейших производственных вопросов.

Мы имеем два типа травянистых растений. Оба типа объединяются в одну группу признаком синтезируемого ими органического вещества, свободного от присутствия в нем дубильных веществ. Этот признак ярко отличает органическое вещество, синтезируемое зелеными растениями травянистой группы, от органического вещества, синтезируемого группой деревянистых растений, все органы которых пронизаны дубильными веществами.

Наблюдения над разрушением органического вещества, синтезируемого современной флорой, ясно указывают, что остатки деревянистой флоры разрушаются исключительно грибами. При этом процессе грибы выделяют креновую кислоту, которую, анализируя ее отношения к организму грибов, мы можем рассматривать только как типовую экзoenзиму грибных организмов.

Одновременно, анализируя отношения креновой кислоты к петрографическим элементам рудяка горной породы и к элементам минеральной пищи растений, мы видим, что свойства креновой кислоты находятся в противоречии с основным, качественным признаком живого организма, определять избирательную по отношению к элементам своей пищи поглотительную способность той среды, в которой или на которой он развивается.

Если мы обратим внимание на характер соотношений между группами низших зеленых растений и незелеными растительными организмами, разрушающими органическое вещество, то ярко бросается в глаза глубокая связь между низшими

зелеными растениями и грибами. Эта связь прослеживается, начиная с одноклеточных водорослей, где она выливается в особенно яркую форму сожительства (симбиоза) водоросли и гриба, образующих комплексный организм. В дальнейшем эта связь не так ярка, но не подлежит сомнению.

Для выяснения хотя бы в общих чертах порядка появления качественно различных групп организмов на земной поверхности нельзя пренебрегать диалектическим анализом взаимоотношений и взаимосвязи ныне известных групп организмов, высших и низших, растительных и животных, и даже не только организмов, но и отдельных органов различных организмов, которые могут оказаться результатом глубокого изменения организма под воздействием многотысячелетнего сожительства в порядке симбиоза, сапрофитизма, паразитизма или еще более сложных взаимосвязей, уже частично вскрытых системой филогенезиса. Такого рода анализ не носит никаких следов ревизионизма, но предупреждает от опасности механистической, «обратной» (если можно так выразиться, не прибегая к «дымовой завесе» иностранных слов) экстраполяции, ни в какой мере не умаляя огромных заслуг филогенезиса как исторического этапа исторического развития биологии.

Появление первичных («накипных») лишайников часто рассматривается как одна из ранних стадий развития *форм* жизни на земной поверхности. С этим нельзя согласиться ни в какой мере. Уже участие хлорофиллоносного растения в «организме» лишайника с очевидностью указывает на длинный ряд миллионов лет, потребовавших обособления зеленого растения, которое мы должны рассматривать тоже как продукт сложного симбиоза. Трудно даже грубо приблизительно составить представление о том, сколько потребовалось времени, чтобы путем выживания наиболее приспособленных наследственно закрепились те качественные признаки, которые характеризуют сложный комплекс организма даже простейшей одноклеточной зеленой водоросли. «Геологические эпохи» — вот единственная формула, которая вследствие ее беспредельной растяжимости одна способна вместить весь огромный объем процессов, с которыми нам еще предстоит столкнуться. Этой же формулой до настоящего момента довольствуется геохимия, упорно не желающая признать биохимическое направление и, может быть, поэтому бессильная в борьбе с дедуктивной логикой.

Но в признании чрезвычайной сложности развития автотрофной жизни растений, снабженных пигментом, лежит еще вопрос о стимуле симбиотрофизма лишайников.

Признание принципа выживания наиболее приспособленного представляет и косвенное признание принципа приспособления к условиям окружающей среды. Так как окружающая среда складывается из многогранных взаимозависимых материальных условий, то по самому существу взаимозависимости она должна находиться в процессе непрерывного изменения. Непрерывность количественных изменений неизбежно приводит к обособлению новых качеств среды. Новые качества среды то становятся на место исчезнувших, то складываются с ними, то усложняют комплексность материальных условий среды.

Так как мы не можем рассматривать живой организм вне взаимозависимости от условий, т. е. качества материальной среды, ибо сам живой организм представляет качество материальной среды, сложившееся в результате сложения ее количественных неизбежных изменений, то мы неизбежно приходим к признанию изменчивости как неизбежного, неотъемлемого свойства организма и самого организма как неотъемлемого условия среды, развивающегося, т. е. изменяющегося не только под влиянием мертвых (абиотических) условий среды, но одновременно и под влиянием живых (биологических) условий той же минеральной среды. Другими словами, мы приходим к признанию абиотических (мертвых) условий материальной среды и ее биологических (живых) элементов лишь различными формами движения одной и той же материи.

Рассматривая с этой точки зрения растительную группу лишайников, мы приходим к определенным заключениям. Мы видим два типа растений, водоросль и гриб, находящихся в состоянии сожительства, настолько тесного и развитого,

Что оба растения представляют один комплексный организм, разъединить элементы которого удастся с некоторым трудом, даже в современных (постиллюцен) условиях среды.

Один из организмов, слагающих лишайник, гриб, принадлежит к типу гетеротрофных организмов, т. е. таких, которые вследствие отсутствия в нем органов, способных поглощать световые лучи, могущие участвовать в синтезе органического вещества, принуждены черпать необходимую им энергию путем расщепления органического вещества, синтезированного иным путем. В процессе этого расщепления грибы получают и элементы пищи, причем этот способ питания не исключает способности усваивать элементы пищи и из минеральных соединений. Повидимому, грибы не способны усваивать молекулярный (свободный) азот. Но не подлежит сомнению их способность вводить молекулу (или ион?) азота из минеральных или органических соединений азота в молекулярный комплекс синтезируемого ими органического вещества, т. е. образовывать из углеводов, при наличии источника связанного азота, белки, алкалоиды и другие азотсодержащие соединения.

Качество, лежащее в основе способности синтезировать белки (другие азотсодержащие органические вещества в этом отношении, повидимому, не изучены) из углеводов, при наличии органических соединений азота или аммиачных солей, крайне важно в биологическом отношении (не говоря о производственном его значении), так как оно дает начало новой форме потенциальной энергии — динамической энергии, способной к превращению в организме не только в тепло, но и непосредственно в работу, без посредства какого бы то ни было механизма (в мысль, физиологические процессы и т. д.), тогда как углеводы в организме могут превращаться только в термическую энергию, которую можно превратить в работу только посредством системы рычагов (мышечная работа). Вне организма любое органическое вещество (содержащее или не содержащее азот) может быть превращено (технологическим процессом) только в термическую энергию. Способностью преобразовывать термическую энергию углевода, при наличии источника связанного азота, в динамическую энергию белка обладают только *незеленые низшие организмы*, грибы, актиномицеты, бактерии и, повидимому, простейшие (протозои).

Перед нами становится вопрос, почему сложный организм лишайника сложился из симбиоза водоросли с грибом, а не с бактерией. Обычное объяснение, что в слоевище гриба водоросль находит среду, способную долго сохранять воду, необходимую для водоросли, страдает механистичностью и далеко не объясняет многие детали. К тому же ведь и многие бактерии образуют так называемые зооглеи, т. е. слизистые сгустки, в которых могли бы найти подходящие условия водоросли, подобно тому как водоросли находят подходящие условия (например, у зуглены и у зеленой гидры) в слизистом теле простейших. Ответ на вопрос несколько сложнее, хотя он также довольно прост, несмотря на то, что решает вопрос в историческом (геологическом) аспекте, а не в статическом разрезе.

В теле «первичных» одноклеточных водорослей, входящих как составной элемент в слоевище лишайника, развиты в общей клеточной оболочке лишь хлоропласт в качестве синтезирующего органа, ядро в качестве органа размножения и протоплазма в качестве органа связи между хлоропластом, ядром и оболочкой, через которую он связан и с грибницей, оплетающей снаружи клетку водоросли.

При таком вооружении клетки «первичных» водорослей, когда в них имеется лишь один синтезирующий орган, хлоропласт, синтез органического вещества клеткой водоросли ограничен только возможностью образования растворимого углевода и уплотнением его в форму не растворимого в воде углевода. Образовать же из углевода белок хлоропласт не может. Это — функция незеленых низших организмов.

В клетке (первичном структурном элементе) высших зеленых растений функция обращения нерастворимого углевода (крахмала) в состояние растворимого (ликвидация), сахара, принадлежит незеленому пластиду, лейкопласту.

Кроме того, лейкопласту присуща способность синтезировать белки при условии наличия минеральной формы связанного азота. Источником минерального

азотного питания могут служить: 1) разложение органического вещества аэробными бактериями, одновременно служа и источником зольной минеральной пищи зеленых растений; 2) усвоение молекулярного (свободного) азота аэробными (азотобактер) и анаэробными (клубеньковые) бактериями и 3) усвоение молекулярного азота клубеньковыми бактериями (бациллус радицикола).

Признание за хлоропластом функции только синтезировать воднорастворимые углеводы (моносахариды) и уплотнять их в нерастворимые в воде углеводы (полисахариды) и отсутствие у хлоропласта способности обращать в растворимое состояние (мобилизовать) нерастворимые углеводы и синтезировать из углеводов белки (превращать термическую потенциальную энергию углеводов в динамическую форму энергии белков) основываются на сопоставлении длинного ряда твердо установленных фактов.

Главные из них следующие: сложение так называемого алеуронного слоя одноклеточных растений из сплошного сплетения гифов (гифов) алеуронного гриба, функция которого состоит в мобилизации запасов крахмала и белков эндосперма семени (плода) односемянных. Существование ряда семейств растений (хорошо изучены вересковые и орхидейные), у семян которых отсутствует алеуронный слой и семена которых способны образовывать проростки только при условии наличия в среде прорастания гифов или спор определенных, узкоспециализированных низших грибов и яркокислой (рН — 4,0—5,0) реакции (вересковая земля садовников). Подавляющее преобладание среди растений земной суши, развивающихся на почвах с кислой реакцией, микотрофного типа зольного и азотного питания (свыше девяти десятых флоры суши земного шара — все деревянистые, все вересковые, все орхидейные, все лилейные, все папоротниковые, все хвощи, все плауновые, все цикадовые, все пальмовые, все амариллисовые, большинство злаков, осоковых, ситниковых). Широкое развитие бактериотрофного питания (развитие специфической аэробной бактериальной флоры в ризосфере высших растений в анаэробной среде) и альготрофного питания у земноводных растений (рис *Oryza sativa*).

Совершенно ясно, что господствующее у нас архаическое направление «классической» физиологии растений и возникшее на ее основе «учение о минеральном питании растений», подменяющее широкое понятие «биологической химии», представляют научно недопустимое упрощенчество, вытекающее из грубейшей механистической «экстраполяции», допускающей без всякого основания, что минеральное (и азотное) питание растений (всех?) происходит по типу гетеротрофизма (правильнее, раздельного симбиотрофизма).

На основе небрежения этим последним термином (спор не о словах, не «схоластический», а о принципах, которые скрываются за древнегреческой фразеологией и от которой формально-дедуктивная логика не становится «научнее», а остается добрым старым «здравым смыслом», или, выражаясь точнее, обывательской «логикой», возведенной в принцип) агрохимия твердо стала на почву объяснения свойствами мертвого минерального рухляка избирательной поглотительной способности живых организмов.

Кажущийся сдвиг с мертвой точки агрохимии склонны усматривать в признании поглощающего «комплекса» («школа» акад. К. К. Гедройца, ВИУАА), минерально-гуматного (причем «комплекс» понимается как «сумма»). Здесь уже привлечена древнеегипетская фразеология. Но «хиюмос» в переводе означает плодородие (Э. В. Шэне), и отождествление понятия «плодородие» с понятием «перегной» принадлежит А. Тэру, и прогресс, вложенный в понятие «поглощающий комплекс», того же порядка, как «гумусовая» теория Тэра, исправленная и дополненная «органоминеральной» «матерью нуар» Л. Грандо и Эггертца. Насколько далека агрохимия от правильной биологической концепции о почве, видно из того, что до сих пор еще сохранился взгляд Э. Вольфа на органические остатки как на «случайную» примесь к почве, и аналитики теряют немало труда и дорого оплачиваемого времени на выделение из навески почвы (только для определения перегной) мельчайших корешков.

Вся совокупность изложенных фактов в их взаимозависимости и взаимоотношениях заставляет признать клетку высших зеленых растений не за первичный структурный их элемент, а за ограниченную клеточной оболочкой часть пространства, занятого телом растения, в котором протекает в симбиотическом сожительстве жизнедеятельность двух первичных элементов — организмов: хлоропласта, первичной водоросли, и лейкопласта, первичного гриба. Оба организма связаны белковой средой, протоплазмой, составляющей интерферирующую часть, повидимому, хлоропласта. Каковы биологические соотношения указанных первичных элементов к органу размножения клетки, еще не выяснено, хотя они достаточно выявляются в процессах деления клетки и оплодотворения семенопочки.

Только такая концепция дает возможность правильно и без натяжек объяснить производственно важнейшие вопросы о причинах большой разницы в требованиях различных групп культурных растений в воде, о причинах отсутствия такой разницы у зерновых бобовых в сравнении с зерновыми злаками, о причине необходимости дыхания для зеленых растений, о причинах различной «требовательности» различных групп культурных растений и многие другие производственно-важные вопросы.

Возникает вопрос о стимуле, бывшем причиной широкого развития симбиоза первичных водорослей именно с низшими грибами, а не с другой группой гетеротрофных организмов. Стимул этот мне представляется до очевидности ясным, и он проливает яркий свет на последовательность развития организмов.

Мы уже пришли выше к выводу, что свободная углекислота в атмосфере представляет продукт распада органического вещества при жизнедеятельности гетеротрофных организмов, грибов, анаэробных бактерий и аэробных организмов.

Вопрос о том, какой тип гетеротрофных организмов, аэробный или анаэробный, развился геологически раньше, решается формулой Пастера, что «наиболее ярко выраженный противник аэробизиса сам аэробизис». Если мы представим сосредоточенную массу мертвого органического вещества в природных условиях, на воздухе, то с поверхности ее должен развиваться аэробный процесс. Этот процесс поглощает весь кислород, который в силу разности потенциалов (напряжения) парциального давления кислорода в атмосфере и в массе органического вещества будет стремиться проникнуть в органическое (мертвое) вещество. Но чем больше будет стремление кислорода, тем ярче будет аэробный процесс на поверхности и тем, так сказать, плотнее будет становиться кислородный экран. Яркость аэробного процесса может достигнуть «самопроизвольного» воспламенения органического вещества (штабели каменного угля, стога сена, кины хлопка и персти и т. д.).

Но для осуществления возможности стать кислородным экраном нужно накопление слоя, хотя бы в несколько миллиметров, мертвого органического вещества.

Образование (синтез) органического вещества зелеными растениями требует, кроме притока кинетических форм энергии, кроме притока угольной кислоты, воды и кислорода, еще и наличия усвояемых форм зольной и азотной пищи растений. Все эти факторы жизни зеленых растений, кроме элементов их зольной пищи, притекают из атмосферы. Но количественный приток их зависит не только от скорости геологического круговорота воды на поверхности Земли, но и от количественного содержания в атмосферной воде главного фактора выветривания, угольной кислоты, и от содержания в ней кислорода и водорода, первичных факторов, определяющих содержание в атмосфере минеральных форм связанного азота.

В свете современных воззрений на причины геотермического градиента Земли (распад радиоактивных элементов) мы не имеем никаких оснований предполагать какие-нибудь изменения в скорости геологического круговорота воды. Нет также достаточных оснований для утверждения о большей вулканической деятельности в течение неизмеряемого времени прошлых геологических эпох, не рискуя ступить на скользкий путь экстраполяции и механицизма.

Наряду с высказанным соображением возникает следующее: могло ли произвести сколько-нибудь заметное влияние на ускорение темпа накопления органи-

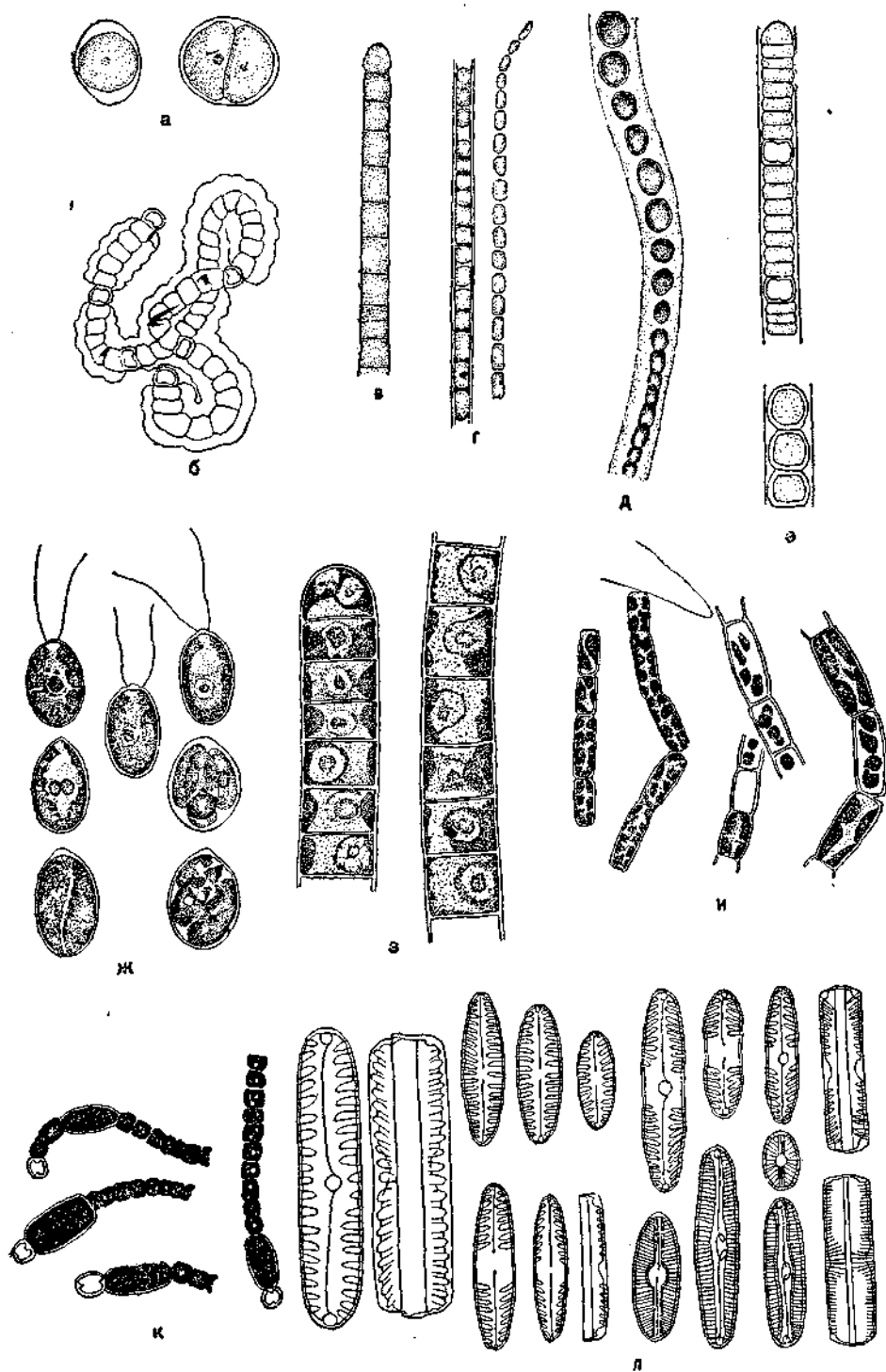


Рис. 118. Почвенные водоросли: а — плеурококкус; б — носток коммуне; в — микрококкус вагинатус; г — формициум; д — анабена; е — нодулярия; ж — хламидомонас коммунис; з — улотрикс теннуиссима; и — бумилария экзалис; к — цилиндроспермум музикола; л — (1—17) несколько типичных диатомовых водорослей. а, б, в, г, д, е — по Роббинсу; ж, з, и, к, л — по Бристолю (из книги Ваксмана).

ческого вещества на земной поверхности ускорение геологического круговорота воды или увеличение содержания углекислоты в воздухе.

Сопоставляя все то, что нам известно о синтезе живого органического вещества зелеными растениями, мы приходим к отрицательному выводу. Кроме так называемых органоенов, в состав природного органического вещества (разумея под этим понятием не какое-нибудь специфическое соединение или группу соединений, а весь комплекс всего органического вещества всего земного шара, какого бы происхождения ни было это вещество — растительного всех типов и порядков растений, животного также все типов и порядков, микроорганизмов, без различия растительных и животных) входят, кроме углерода, кислорода, водорода и азота, в значительных количествах кальций, калий, сера, фосфор, магний, натрий, железо, кремний, хлор, фтор, алюминий, и далее следует обширная группа так называемых микроэлементов (название не совсем правильное, ибо они таковые по отношению к обычным культурным растениям, чего мы не можем утверждать по отношению ко всем природным живым существам); таковы иод, бром, бор, цинк, литий, медь, золото, серебро, титан, мышьяк, ртуть, олово и ряд других, об участии которых мы еще не знаем (из перечисленных участие некоторых нуждается в подтверждении).

Из всех этих элементов лишь органоены легко доступны наземным (и водным) растениям. Они притекают к растениям в порядке геологического круговорота воды. Но даже и из этих элементов приток азота в связанной форме был ограничен малым содержанием кислорода в атмосфере. Молекулярный кислород в тропосфере мог быть только продуктом расщепления углекислоты зелеными растениями, так как другого источника его мы указать не можем. Потребление же кислорода в стратосфере было очень значительно. Прежде всего он должен был потребляться чисто абиотическим (без участия живых организмов) процессом. Вследствие отсутствия озонового экрана ультрафиолетовые лучи проникали до поверхности Земли как на суше, так и в области Океана. Под влиянием этих лучей первые порции кислорода (образующегося в стратосфере) должны были уплотниться в молекулы озона. Потребление кислорода этим процессом надо считать величиной постоянной, так как по мере потребления озона на окисление азота его количество в атмосфере должно было возобновляться на основании закона действующих масс. Пока не установилось нормальное содержание озона, достаточное для образования озонового экрана, образование окислов азота в атмосфере должно было быть ограниченным, и приток связанных форм азота к земной поверхности должен был ограничиться только углеаммиачной солью.

Вторым процессом абиотического потребления кислорода было образование перекиси водорода, содержание которой в атмосфере — величина, довольно постоянная (Э. Б. Шэне).

Биологическое потребление кислорода не всегда заканчивается образованием непрочных соединений. Как на пример такой реакции можно указать на деятельность хемотрофных железобактерий и марганцовых бактерий, окисляющих закисные соединения железа и марганца в формы высшего окисления, окисную железную соль железной кислоты и окисную марганцовую соль железной или марганцовой кислоты, образующих колоссальные залежки железных и марганцовых руд (красный железняк, железистые, правильнее, железные песчаники, желтые и красные охры, съенская земля). Весьма вероятно, что и залежки боксита подобного же происхождения.

Если недостаток органоенов может служить причиной медленности образования органического вещества на земной поверхности в начальных стадиях зарождения жизни, то роль зольных элементов не подлежит никакому сомнению.

Зольные элементы пищи растений входят в состав горных пород или в соединениях, не усвояемых зелеными растениями, или в состоянии заключенных в каменную оболочку, в виде редчайшего равномерного рассеяния.

Даже при изобилии наличия первой группы элементов они не могли послужить стимулом усиления наземной зеленой флоры в результате степени своего рассеяния во всей массе первичных щелочных и ультращелочных горных пород. К та-

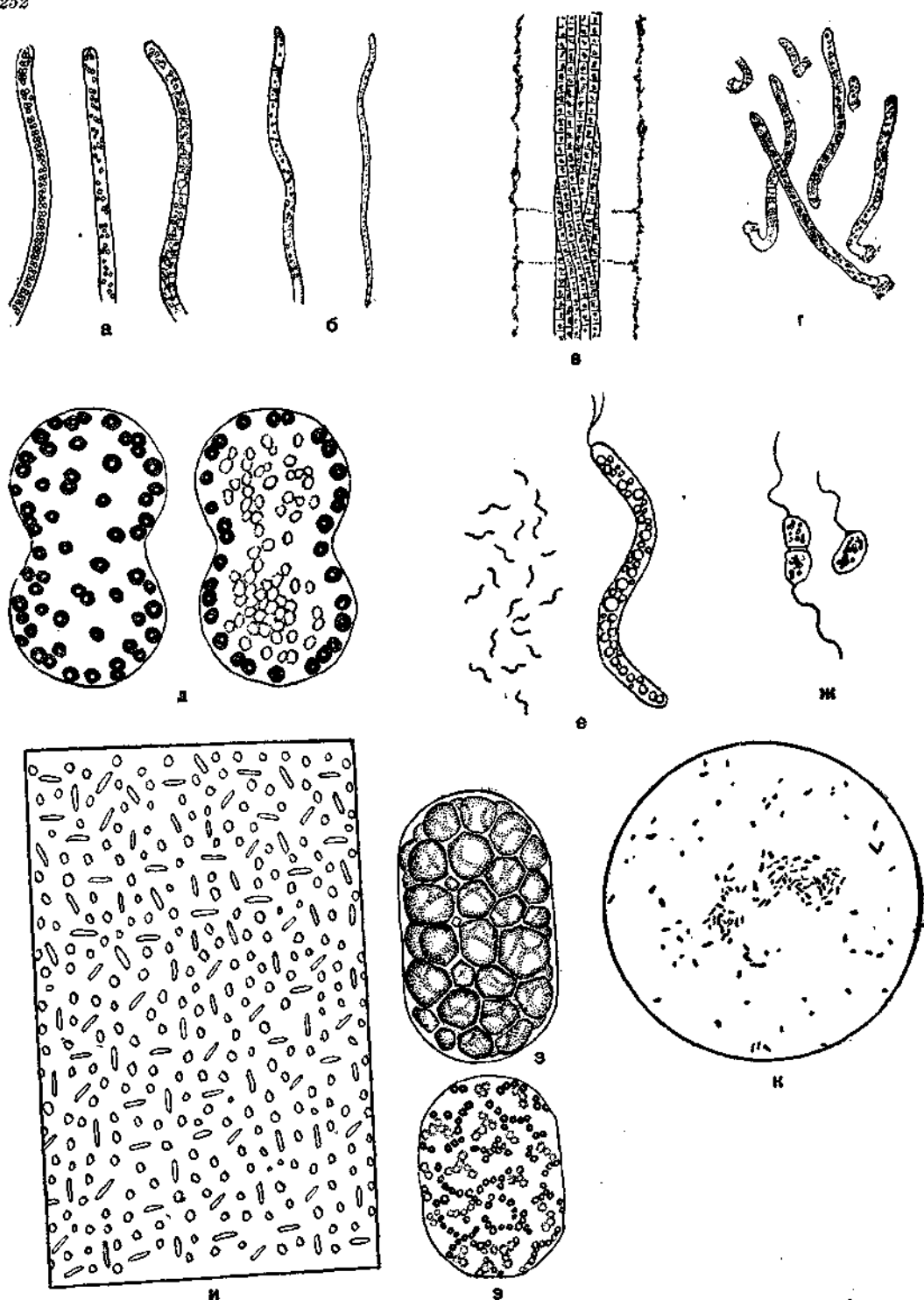


Рис. 119. Почвенные серобактерии: а — серобактерия беггнатта альба; б — беггнатта минимума; в — тиоплона ингрика; г — тиотрикс нивеа; д — тифиза макрофила; е — тиоспириллум Виноградский; ж — хроматиум окени; з — ахрометиум оксалиферум; и — тиобациллус тиопарус; к — тиобациллус тирооксиданс. а, б, г, е, ж — по Омелянскому; в — по нему же и Вислаузу; д — по Надсону и Омелянскому; з — по Ваксману; и — по Мольцу; к — по Хардеру (все из книги Ваксмана.)

ним, в сущности, редким элементам принадлежат сера и фосфор, входящие в конституционный состав природного органического вещества.

Серу и фосфор приходится рассматривать как конституционные элементы **всякого природного** органического вещества. Хотя сера входит в состав молекул **лишь** некоторых белков, наиболее биологически важных, но мы не можем представить себе и допустить природный синтез какого бы то ни было органического вещества при отсутствии участия серусодержащих белков. Поэтому природное органическое вещество **всегда** представляет сложную смесь разнообразнейших органических соединений, всегда содержащую серу. Всякое природное органическое вещество при анаэробном разложении выделяет сероводород (вернее, сернистый аммоний).

В еще большей мере это касается фосфора. По новейшим воззрениям, углеводы представляют сложные эфиры фосфорной кислоты, и так как большинство органических веществ природного происхождения представляют производные углеводов, то почти всякое природное органическое вещество содержит фосфор, не говоря о том, что фосфор, подобно тому как сера, входит в конституционный состав важнейших белков.

Сера и в особенности фосфор в первичных щелочных горных породах находятся в форме чрезвычайного рассеяния.

Первичная флора поверхности суши Земли состояла из хемобактерий, зубактерий, слизистых грибов, низших грибов, первичных водорослей и лишайников. Все представители этой флоры, кроме лишайников, ютились исключительно на самой поверхности горной породы, а незеленые и на поверхности стенок ее трещин. Большинство первичных щелочных и ультращелочных горных пород изобилует минералами, содержащими закисные формы железа и марганца и сернистые соединения. При абиотическом окислении этих минералов свободным кислородом, проникающим в термические трещины горных пород с водой геологического круговорота, образовывались нерастворимые окиси железа и марганца, свободная серная кислота и сернокислая закись железа, как первые фазы окисления этих минералов. Кроме того, при процессе окисления происходит значительное увеличение объема окисляющихся петрографических железистых элементов породы.

В результате получалось глубокое разрыхление горных пород, и так как при разрыхлении, вследствие разрушения части минералов, порода рассыпается по плоскостям спайности, рыхляк, представляющий россыпь граненых кристаллов, обладает значительной проницаемостью (для гравитационной воды), но чрезвычайно малой влагоемкостью (для волосной воды) и отсутствием волсности.

При таком сложении породы в ней ни при каких условиях не может возникнуть восходящий ток (волосной), так как все волосные промежутки её, образующиеся в местах соприкосновения кристаллов и удерживающие волосную воду в виде менисков, разьединены неволосными промежутками (трубки Жамена). В такой породе преобладают исключительно процессы вымывания растворимых соединений и вымывания коллоидально измельченных.

Поэтому Океан все больше обогащался коллоидально измельченными веществами (преимущественно гидратами окисей железа и марганца и аморфной кремнекислоты) и воднорастворимыми галоидными солями.

Наземная же флора также смывалась делювиальными водами и промывалась через толщи рыхляка, частью она также проникала в Океан и частью оставалась в толще рыхляка. Из отдельных типов наземной флоры, оставшейся в толще рыхляка, не все могли найти в нем условия жизни. Прежде всего все организмы, обладающие пигментом — хлорофиллом или другим, позволявшим им поглощать свет, очевидно, могли продолжать развиваться лишь до той глубины, до которой рыхляк был прозрачен. Поэтому водоросли и лишайники (накисные) могли развиваться лишь до незначительной глубины. За этими автотрофными организмами следуют вообще аэробные организмы, они сами своим аэробизисом определяли глубину возможности своего существования согласно закону Пастера—Виноградского. Поэтому хемотрофные бактерии, аэробные зубактерии, актино-

мицеты, грибы и простейшие (протозоя) могли развиваться лишь до сравнительно небольшой глубины.

Таким образом с глубины, различной для различных рухляков, в зависимости от конкретных для каждого рухляка условий залегания, лучепрозрачности и кислородопроницаемости, в его массе могли развиваться только анаэробные бактерии при условии притока к ним мертвого органического вещества.

Наземная флора, проникая в Океан, встретит в нем совершенно иные условия, чем те, которые господствовали в толще рухляка термического выветривания.

Нужно не упускать из виду, что от времени зарождения жизни на поверхности суши до осуществления возможности массового проникновения живых элементов суши в Океан протекли геологические эпохи.

Для осуществления возможности образования трещин первичной горной породы, т. е. ее термического выветривания, необходима смена высокой дневной температуры поверхности горной породы под влиянием притока солнечного тепла и ночного охлаждения той же поверхности под влиянием ночного лучеиспускания. Эти условия для своего осуществления требовали охлаждения поверхности всей Земли до такой температуры, чтобы внутренний тепловой градиент не мог погашать влияния развития широтных климатических зон.

Не подлежит сомнению, что этот процесс потребовал также геологических эпох для распада радиоактивных элементов поверхностных слоев первоначальных горных пород и для погребения их мощной нерадиоактивной кремнеземистой оболочкой.

Охлаждение поверхности земли до температуры, допускавшей обособление климатических зон, повлекло за собой ряд последствий. Атмосфера освободилась от огромного содержания водяного пара, окутывавшего земной шар и не допускавшего лучей солнца до поверхности Земли (Ставровский). Значения этого момента нельзя недооценивать, это было началом притока новых форм энергии. С этого момента получила возможность начать процесс своего развития пигментная (не только зеленая) флора суши, а следовательно, развился стимул усиления бактериальной и грибной флоры, могли начать развитие водоросли и лишайники.

Только с этого момента получила возможность начала развития кора термического выветривания, и геологический круговорот воды стал не только обмывать поверхность суши, но и промывать развивающийся рухляк.

Тот же момент понижения температуры не мог не отразиться глубокими количественными изменениями условий Океана, а следовательно, и развития его качественных признаков.

Прежде всего освобождение атмосферы от огромного содержания водяного пара повлекло соответствующее увеличение количества воды в Океане. Установление климатических зон привело к обособлению двух мощных скоплений льда на обоих полюсах оси вращения Земли и огромных скоплений материкового льда на высочайших вершинах первобытной складчатости суши.

Мы можем утверждать, что в связи с прэцессионным вращением массы Земли количественное выражение массы льда на всей поверхности Земли — величина, почти постоянная или изменяющаяся в сравнительно нешироких пределах.

Со времени установления постоянной массы материкового льда, систематически передвигающейся по всей земной поверхности, процессы снашивания, размыва и смыва суши получили яркое выражение, и все детали и производные геологического круговорота воды получили полное оформление и развитие.

Не менее глубоки были и изменения, происшедшие в воде океанов (в узком смысле слова). В результате увеличения абсолютного количества капельно-жидкой воды на поверхности Земли обособилась область так называемого «глубокого моря». В результате развития процессов снашивания, размыва и смыва поверхности суши и усиления процессов физического выветривания развились так называемые «континентальные платформы», или шельфы, и обособилась область так называемого «мелкого моря», область отложения осадочных пород и, следовательно, область развития метаморфизма, преобладания диагенезиса и развития магмы, сначала ультраосновной и щелочной, а по мере развития на поверхности суши зеленых

растений и кислой алюмосиликатной, сначала с преобладанием щелочей и позже — щелочных земель. Здесь же постепенно развились и процессы вулканизма.

Кроме этих морфологических изменений и их качественных функций, понижение температуры воды Океана немедленно отразилось на растворимости в ней газов. В воде Океана появился растворенный кислород, и стала возможна аэробная жизнь.

Вместе с тем в воде Океана в возрастающем количестве стали появляться воднорастворимые соединения, получающиеся вследствие преобладающего кислородного выветривания рухляка термического выветривания. При этом выветривании, связанном с образованием трещин и разрыхлением горной породы, выделялись и соединения серы, фосфора, магния, хлора, которые не могли быть использованы скудной незеленой флорой, заносимой в проницаемый рухляк.

Вносимые в Океан воднорастворимые минеральные соединения вместе с воднорастворимым органическим веществом, урываемым с поверхности суши геологическим круговоротом воды, создали вместе с преимуществами жидкой фазы лучшие условия для развития вносимых тем же путем в Океан растительных организмов суши.

Типичный признак морских организмов первых периодов развития жизни в Океане — крайне малое содержание в них кальция. В первичных горных породах кальций содержится в подавляющем преобладании в форме алюмосиликатов и силикатов, и лишь ничтожное количество его связано с фосфором и галоидами. Выветривание силикатов и алюмосиликатов осуществляется под воздействием угольной кислоты, которой едва хватало для жизни водорослей. Все количество кальция, связанное с фосфором, потреблялось на синтез белков, и все другие нужды организмов должны были удовлетворяться кремневой кислотой и органическим веществом.

В соответствии с этим мы встречаем в ранних организмах моря, диатомовых водорослях, кремневые панцири. Преимущества жидкой фазы в снабжении организмов необходимым энергетическим и строительным материалом сказываются в том, что в то время как наземная жизнь еще ведет борьбу за обособление элементов плодородия твердой фазы — почвы, водные организмы, использующие те элементы плодородия, которых не в состоянии были использовать наземные организмы, значительно опережают в своем развитии наземные организмы.

Это сказывается в том, что уже в ранние стадии своего развития морская флора отщепляет ветвь морской фауны в виде радиолярий, имеющих тот же отличный признак, кремневый панцирь.

Насколько медленно шло обособление биологического круговорота вещества на материковом отрезке траектории геологического круговорота воды по сравнению с океаническим отрезком той же траектории, можно судить по тому, что морская фауна успела пройти огромный путь развития от радиолярий через трилобитов до ганойдных рыб, причем у всех этих организмов их скелетные части построены без участия кальция, из органического вещества, хитина и хрящевой ткани с участием кремнезема, и что в то же время очень медленно развивались организмы с известковым скелетом, в котором как реликтовый элемент сохраняется участие хитина и хрящевой ткани.

В течение геологических эпох развития этих организмов шла упорная борьба наземной флоры за обособление элементов плодородия в рухляке суши, и только по мере развития природного (естественного) плодородия суша могла снабжать Океан кальцием.

Первичная флора щелочных и ультращелочных горных пород первичной суши земной коры, бактерии, грибы, водоросли и лишайники, могла обусловить лишь намек, если можно так выразиться, на качественный признак почвы и ее отличие от горной породы, концентрацию элементов зольной и азотной пищи растений или избирательную поглотительную способность. Эта способность присуща только живому органическому веществу и сохраняется в мертвых органических остатках (не перегное) только по отношению к элементам, конституционно связанным с органическим веществом.

Очевидно, что вследствие того, что указанные зольные элементы в горных породах содержатся в виде очень редкого рассеяния, и вследствие отсутствия корневой системы у первичной флоры горных пород усвоение этих элементов должно было быть ограничено ничтожным минимумом и могло распространяться лишь на ничтожную глубину, даже по отношению к лишайникам.

Приток растворимых в воде соединений зольной и азотной пищи растений, вследствие отсутствия восходящего волосного тока воды в рухляке термического выветривания, мог осуществляться только двумя крайне несовершенными и прерывчатыми процессами. После всякого дождя на поверхности всех плоско-границных механических элементов термического рухляка образовывался диффузный слой так называемой пленочной воды. Этот слой передвигался вверх на смену испаряющейся с поверхности гигроскопической воды и уносил в том же направлении и все растворимое, не промытое предыдущим нисходящим током, по окончании которого он сам только и мог образоваться. Этим путем образуются в бездождные промежутки кристаллические «выцветы» солей (эфлоресценции) на рухляках в горных местностях. Второй путь состоит в осмотическом передвижении воднорастворимых соединений пищи растений по слою пленочной воды. Осмотический ток побуждается разностью концентраций вследствие поглощения элементов пищи поверхностью флорой.

Очевидно, что крайне ограниченное зольное питание первичной наземной флоры должно было служить причиной чрезвычайно медленного ее прогрессивного развития. Это предположение находит подтверждение в том, что, как мы уже приводили, поразительно длительно господствовали в морской палеофауне виды и роды животных с кремневым и хитинным скелетом и чрезвычайно медленно проникало участие в построении скелета морских животных кальция, столь характерного для современной фауны.

То соображение, что малое участие кальция в построении скелета древней морской фауны находит объяснение в большой плотности жидкой фазы, среды их обитания, по сравнению с газовой фазой, средой обитания наземных животных, не встречает подтверждения в том, что в числе представителей современной высшей морской фауны подавляющее преобладание принадлежит животным с известковым скелетом. Между тем ганоидные рыбы с хрящевым скелетом, несомненно, принадлежат к вымирающим реликтам и приурочены к наиболее геологически древним областям материков.

То же самое мы видим и в распределении кальция и кремния в построении панцирей и раковин современной низшей морской фауны. Почти исключительно в области мелкого моря, на материковой террасе (шельфе) отлагаются мощные пласты мела, известняков, коралловых рифов и других морских известковых осадочных пород.

И в области мелкого моря до очевидности ясно выражено количественное влияние притока воднорастворимых солей кальция (преимущественно бикарбоната извести) с материка.

Огромные аймониты (1—1,5 м в диаметре), белемниты длиной до 1,5 м, огромные грифеи и остреи в 0,5 м (юра), огромные продуктусы и спириферы (карбон), тридакнии в 2 м (купель собора Нотр дам де-Пари) развиты только в прибрежных областях. Область перехода материковой террасы в глубокое море сложена мощными толщами (1—5 км) мелкозернистых известняков, немых или заключающих редкие и мелкие отпечатки моллюсков.

Области же абиссальных (пропастных, «бездонных») глубин глубокого моря (достигнутых до 10 км) покрыты исключительно глобогериевым и радиоляриевым илами, в которых кальций представлен только в форме исключительно трудно растворимых зубов акул. Сам ил состоит, по видимому, только из кремневых панцирей, коллоидально измельченных окисей (гидратов?) железа и марганца (и алюминия?) и из вулканической пыли (и из кокса паровозного дыма).

Распределение кальция (и внесение с ним фосфора и фтора, составляющих совместно с кальцием конституционные элементы костяка высших животных) представляет яркую иллюстрацию положения, что избирательная поглотитель-

ная способность не физическое, не химическое и не физико-химическое свойство среды (почвы или Океана), а есть *биологическое* качество *живого* органического вещества, *всякого* организма, *биосферы*. Вместе с тем выпукло обрисовывается положение, что разница в выражении плодородия почвы и плодородия Океана (в широком понимании слова) не качественная, а представляет лишь количественное различие выражения одного и того же качества, определяемое различием качеств тех сред, в которых оно выявляется.

Сопоставляя развитие океанических биоценозов (биологических группировок) с подобными же группировками суши, мы должны констатировать не только количественное различие в темпах их развития, но и глубокую качественную разницу.

В то время как в Океане мы видим ясное прогрессивное развитие животной жизни, которое, без сомнения, совершалось на фоне развития растительной жизни, мы должны отметить две особенности этого развития. Мы видим поразительное обилие остатков животной океанической жизни, в которых ясно прослеживается процесс выживания наиболее приспособленных к наличным условиям форм и которые непрерывно закрепляют новые признаки, представляющие функцию изменения условий среды под их же влиянием.

Наряду с этим нельзя не отметить поражающей бедности остатков как океанической, так и наземной флоры. Что касается скудости остатков океанической флоры, то она находит отчетливое объяснение в свойствах жидкой среды, в которой протекало их развитие. Эти свойства совершенно погасили самый стимул прогрессивного развития морских растительных организмов и привели к остановке его на стадии водорослей. Свойства жидкой среды обусловили совмещение двух жизненных систем растительного организма, ассимиляционной и абсорбционной, и привели к утрате необходимости в транспирационной системе. Те же свойства жидкой среды обусловили полную бесполезность как сосудистой, так и механической системы. В результате развитие океанической флоры застыло на первичных стадиях бактерий и водорослей. И только в узко ограниченных условиях прибрежной полосы Океана (в широком понимании) встречаются высшие растения, регрессивное развитие органов которых не оставляет сомнения в их наземном происхождении. Поэтому в морских (правильнее океанических, в широком смысле) отложениях мы находим лишь диатомиты и амидные соединения в нефти (Вл. Р. Вильямс).

Поразительное разнообразие эволюционных форм океанической фауны и дало повод к возникновению механистической гипотезы зарождения жизни в океане и «выползания» ее на земную сушу (Окен).

Другую картину мы видим на земной суше. В течение нескончаемых веков тянется почти без изменений эпоха первобытной флоры, оставляя после себя трудно уловимые следы. Сначала хемотрофы. Нечислимые миллиарды тонн железных руд, о характере которых говорилось выше, красноречиво свидетельствуют о длительности тех геологических эпох, которые протекли для их накопления. И эти скопления окисных железных соединений мы должны рассматривать как *ископаемые погребенные почвы*, как результаты избирательной поглощательной способности, присущей лишь живым организмам, как их качественный признак, определяемый необходимостью поглощения ими элементов пищи и разрушения источника энергии для выявления их главного качественного признака, необходимости и способности размножаться. И мы находим как реликт источника энергии первичной флоры земной суши окисные соединения железа и марганца и как реликт ее пищи — фосфор и серу, постоянные спутники железных руд, образовавшие под действием глубинного процесса диагенезиса фосфористое и двусернистое железо.

Совершенно понятно, что качественный признак живого организма, его избирательная поглощательная способность, не мог оставаться неизменным, а должен был изменяться и количественно, а следовательно, и качественно по мере прогрессивного развития самого организма. На заре жизни мы видим подавляющее скопление окисных соединений железа (и марганца), в котором отсутствуют

конституционные элементы протоплазмы, фосфор и сера. Между тем фосфор и сера и представляют неизменный признак избирательной поглотительной способности живого организма в более поздних отложениях. Они представляют конституционные элементы протоплазмы (и ядра) и сохраняются как упорный реликт всюду, где была жизнь.

При прослеживании развития ископаемых почв в хронологическом порядке мы приходим к выводу, что первичная форма жизни, хемотрофные бактерии, развивалась в двух направлениях (в порядке филогенезиса в направлении двух колен). Хронологически первым коленом (или ветвью «генеалогического дерева») должны были быть зубактерии. Хронологически первой группой должны были развиваться аэробы. Скачок от хемотрофов до аэробов зубактерий потребовал лишь развития и закрепления путем «естественного отбора» наследственной передачи способности выделять «аэробную экзознзиму», разрушающую органическое вещество. Скачок небольшой, так как хемотрофы уже выделяли «аэробную энзиму». Стимул к развитию новой энзимы обладал яркой категоричностью, так как приток фосфора и серы, безусловно

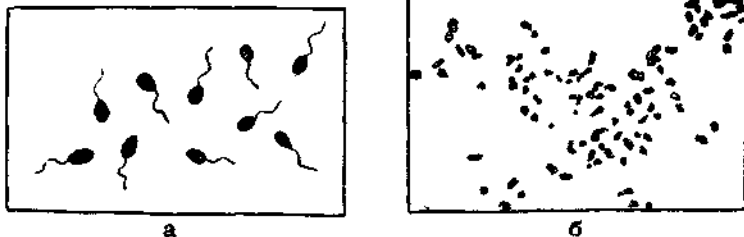


Рис. 120. а. Бактерия, окисляющая аммиак в азотистую кислоту. Европейская форма нитрозомонас (*Nitrosomonas europaea* по Виноградскому). б. Бактерия, окисляющая азотистую кислоту в азотную (*Nitrobacter* по Губбсу).

необходимых хемотрофам, мог быть лишь очень ограниченным, почти случайным, и отложение фосфора и серы в форме мертвого органического вещества отживших хемотрофов было бы синонимом острого фосфорного и серного голодания хемотрофов, лишенных возможности проникнуть в массу породы.

В дальнейшем повелительный стимул развития анаэробов зубактерий был двойной: ограниченное содержание кислорода в первобытной атмосфере и влияние защитного аэробного слоя на поверхности органического вещества (Пастер — Виноградский).

Вполне естественно предположение, что развить и наследственно закрепить способность выделять «анаэробную энзиму», разрушающую органическое вещество, было проще в колоне аэробных зубактерий, которые уже выделяли «аэробную экзознзиму», разрушающую органическое вещество, чем у хемобактерий, не способных выделять экзознзиму, разрушающую органическое вещество. За это говорит и близость общих свойств этих «аэробной и анаэробной» экзознзим.

Роль зубактерий в первичном почвообразовательном процессе колоссальна. Помимо способности разрушать органическое вещество, синтезированное хемотрофами, и возвращать в «биологический круговорот» элементы пищи хемотрофов, серу и фосфор, по меньшей мере, две расы зубактерий, одна аэробная (азотобактер) и другая анаэробная (клубеньки), унаследовали от хемотрофов и развили способность связывать молекулярный азот и образовывать свободную азотную кислоту.

Появление такого сильного растворителя, как азотная кислота, оказало огромное влияние на ускорение процесса химического выветривания первичных горных пород (Мюнц, Одинцова). Результатом действия азотной кислоты преимущественно на аллосиликаты было отложение первичных залежей каолинитов. Воднорастворимые нитраты одновалентных металлов, выщелачиваемые геологическим круговоротом воды в океаны, претерпевали на пути разнообразные реакции, в результате которых неизменно получались воднорастворимые соли одновалентных металлов.

Иной была роль двухвалентных металлов, преимущественно кальция. Как и по отношению к нитратам одновалентных металлов, ион азотной кислоты нитрата кальция усваивается всеми растительными организмами в качестве азотной пищи. Освобожденный ион кальция тотчас соединяется с молекулой кислоты, образуя молекулу окиси кальция. Окись кальция при термодинамических условиях поверхности Земли (средняя температура 15° и среднее давление 760 мм ртутного столба) не может оставаться в свободном состоянии и соединяется с молекулой углекислого газа, образуя углекислый кальций.

Обособление углекислой извести на поверхности суши приходится рассматривать как геологическую эру не только по отношению к области Океана, но главным образом по отношению к области суши.

И в данном случае выявляется глубокая диалектическая взаимосвязь между двумя носителями одного общего качественного признака плодородия, почвой и Океаном (в широком смысле).

Эта связь носит яркий отпечаток двойственности по отношению к области Океана. С одной стороны, живые элементы Океана получили более обильный и не требующий затраты создаваемого пластического материала источник построения скелетов обитателей Океана. Более обильный, чем кремневая кислота, приток которой ограничивался тем, что большое количество ее переходило в форму кремнезема вследствие кислой реакции экзозизим бактериального и грибного населения земной суши. И кремневая кислота стала притекать в Океан преимущественно в форме коллоидального раствора.

Это и служило стимулом к преобладанию хряща и хитина как материала для построения скелета. Но хрящ и хитин требуют затраты большого количества пластического материала, результата синтеза органического вещества, азотного, близкого по свойствам к белкам. Поэтому становится вполне понятной огромная роль молекулярно-растворимого бикарбоната кальция. Он легко переходит на хитинной основе у низших животных и на хрящевой основе у высших в сложный комплекс углекислой извести и фтористого кальция костей, раковин и эмали, дающий твердую основу для прикрепления мускульной ткани. Необходимое присутствие галоида, фтора, обеспечено. Фтор всегда наличествует в растворе в воде Океана (в широком смысле) как результат выветривания первичных горных пород.

И под воздействием этого нового условия скачком, как взрывом, развилась новая форма океанической фауны, уже упомянутой выше: огромные особи обитателей пельфа, континентальной платформы, неподвижно прикрепленные к месту своего зарождения, подвижная фауна гигантских морских ящеров и фауна костистых рыб, в преобладающем числе акул.

Но новый стимул, углекислый кальций, сносимый в Океан, придал ему новое качество. Океан стал регулятором содержания угольной кислоты в атмосфере (Т. Шлезинг, старший), придав новое качество земной атмосфере, постоянство содержания в ней углекислого газа.

С другой стороны, новое качество атмосферы тотчас вызвало новый процесс на суше. Началось химическое выветривание рухляка термического выветривания первичных горных пород.

Несмотря на ничтожное ($0,03\%$), но постоянное содержание углекислого газа в атмосферном воздухе (мы не располагаем никакими реальными данными, чтобы допустить возможность большего содержания углекислоты в атмосфере в ранние геологические эпохи, кроме грубо механистических допущений), это ничтожное

содержание представляет фактор огромной геологической мощи. Он, сочетаясь с большим геологическим круговоротом воды, создавал как бы бесконечное непрерывное воздействие насыщенного раствора углекислоты в воде на рухляк термического выветривания первичных горных пород. Одновременно тот же ток воды создает условия немедленного растворения и удаления с места реакции всех растворенных в воде и в растворе углекислоты в воде продуктов реакций. Таким образом создается фактор необычайной мощи, доставляющий фауне океана все необходимые элементы ее развития. Понятно, что этот момент влиял так же положительно на бурное развитие морской фауны с известковым скелетом.

Одновременно тот же момент появления в толще рухляка элементов пищи растений должен был вызывать и ряд новых процессов на поверхности суши.

Появление в толще рухляка растворимых в воде соединений элементов пищи растений должно было вызвать процесс *хемотаксиса*. Под хемотаксисом мы понимаем свойство растений и их органов развиваться там и в том направлении, где имеется наличие усвояемых форм элементов их пищи. Самоочевидно, что иначе и не может быть, и свойство хемотаксиса не представляет процесса раздражения на расстоянии, а представляет простую функцию наличия элементов плодородия среды и условий ее плодородия.

Раз в толще, в массе рухляка, появились усвояемые формы пищи растений, то растение должно было начать развиваться в этом направлении.

Растения, покрывавшие поверхность суши, состояли из хеобактерий, аэробных эубактерий, анаэробных эубактерий, низших грибов (и актиномицет?), водорослей и лишайников.

Очевидно, что ни хеобактерии, ни аэробы, ни водоросли, ни грибы самостоятельно не могли проникнуть в массу рухляка, в которой господствовали условия анаэробнозиса под покровом аэробной пленки поверхности. Могли проникнуть только анаэробные бактерии. Их проникновение на значительные глубины не представляло трудностей вследствие значительной проницаемости рухляка термического выветривания. Необходимое для жизни анаэробов органическое вещество в изобилии притекало в форме экзоэнзим аэробной флоры поверхности и в форме воднорастворимых продуктов обмена веществ, гидролиза тех же аэробов.

Уже развитие анаэробной жизни в массе рухляка положило начало ограничению притока элементов пищи в область Океана, на поверхности суши началось обособление почвы не только на поверхности рухляка, но и в его массе, и живые элементы почвы задерживали в своих организмах элементы пищи растений.

Вторая группа организмов, проникавших в массу рухляка, были лишайники. Организмы, их составлявшие, в отдельности не могли проникнуть в толщу рухляка. Но в их симбиотическом развитии были уже заложены зачатки развития тканей, и дальше, путем закрепления выживанием наиболее приспособленных, развились в результате изменчивости растения с корневой системой. Наземная флора все более завоевывала толщу рухляка, и все меньше становился приток элементов пищи растений в область Океана.

Характер рухляка термического выветривания также коренным образом изменился. Неволосные промежутки между элементами термического рухляка были заполнены нерастворимыми продуктами химического выветривания, кремнеземной пылью, каолином, оксидами железа, алюминия и марганца. Сначала быстрый ток воды, промывавший рухляк термического выветривания, сменился медленным током по узким трещинам, и наземная флора получила огромное преимущество для полного истощения элементов пищи растений.

Наступила современная эпоха единого почвообразовательного процесса. *Единого, охватывающего и Сушу, и Океан.*

*СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ
ПАВЛА АНДРЕЕВИЧА
КОСТЫЧЕВА*

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

**(УЧЕНИЕ О СИСТЕМЕ СОЗДАНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ УСЛОВИЙ
ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ)**

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ВОДЫ И ПИЩИ РАСТЕНИЙ В ПОЧВЕ. КУЛЬТУРНАЯ ПОЧВА

Изменчивость количественной потребности сх растений в воде. — Группы культурных растений по относительной потребности в воде. — Критические фазы развития растений. — Значение фазы кушения. — Причины различных требований растений к воде. — Соотношение потребности растений в воде с влажностью почвы. — Влияние структуры почвы на ее водный режим. — Влияние структуры почвы на водный режим страны. — Формы запаса пищи растений в почве. — Способы регуляции пищевого режима почвы. — Пищевой режим бесструктурной и структурной почвы. — Пища бактерий и ход разрушения органических веществ почвы. — Три задачи земледелия.

В 1865 г. в Петровской земледельческой и лесной академии, ныне сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева, проф. П. А. Ильенковым была произведена первая зарегистрированная в литературе попытка количественно определить потребность культурных растений в воде. С тех пор не прекращалось стремление выразить значение этого практически самого важного фактора жизни растений количеством воды, затрачиваемой разными растениями для создания единицы сухого вещества урожая.

Изменчивость количественной потребности сх растений в воде. Была получена огромная масса чисел, совершенно не поддающихся не только диалектической, но часто даже и простой арифметической обработке. Числовые выражения количества воды, затраченной растениями на создание единицы сухой массы, колеблются в чрезвычайно широких пределах. Следующая таблица показывает примеры колебаний весовых единиц воды, затраченных растениями на создание одной такой же весовой единицы сухого вещества, по исследованиям различных авторов при различных условиях:

Растение	Количество единиц воды	Растение	Количество единиц воды
Пшеница	1 530—235	Горох	1 658—235
Рожь	724—377	Рапс	912—337
Ячмень	676—258	Горчица	1 658—269
Овес	665—401	Лен	1 093—787
Просо	447—275	Картофель	448—281
Гречиха	646—371	Свекла	2 083—227
Кукуруза	369—233	Люцерна	1 354—520

Причины приведенных огромных различий заключаются в том, что *наибольшая эффективность всякого фактора осуществляется только при полной обеспеченности растения всеми другими факторами.*

Это положение иллюстрируется рядом данных. Влияние содержания элементов пищи в почве на использование растениями воды ярко показано, например, в опыте Лэзера (Leather) в Индии.

На создание одной единицы сухого вещества потрачено единиц воды:

	Н а п о ч а е			
	неудобрен- ной	удобрений		
		азотом	азотом и фосфором	азотом, фосфором и калием
Пшеницей	800	917	545	480
Льном	1 093	1 198	1 000	787

Опыт Уидсто (Widstoe) с орошением без одновременного удобрения показывает отрицательное значение попыток изолированного воздействия на один какой-либо фактор жизни растения:

Увеличение количества оро- сительной воды в число раз	1,0	1,5	2,0	2,5	5,0	7,0	10,0
привело к затрате на созда- ние одной единицы урожая единиц воды	856	869	948	1 038	1 317	1 530	1 809
или к бесполезной затрате таких количеств воды . .	—	13	89	182	461	674	953

Малая эффективность применения удобрений без одновременного увеличения запаса находящейся в распоряжении растений воды, а также отрицательное влияние недостатка отдельных элементов пищи видны из следующего опыта с пшеницей.

Урожай сухого вещества в дг при влажности
почвы в процентах от полной влагоемкости
почвы

Характер удобрения почвы	Влажность почвы	
	45%	70%
Неудобренная	194	228
Калийное	188	222
Фосфатное	192	231
Азотное	575	1 052
Калий-фосфатное	205	217
Калий-азотное	722	1 200
Азотно-фосфатное	648	1 113
Калий-азотно-фосфатное	744	1 308

Влияние количественного притока света на продуктивность работы растений видно из опыта Гельригеля с ячменем, росшим на солнечном свете и при рассеянном свете разной силы. На создание одной единицы сухого вещества ячмень при этом потратил единиц воды:

При солнечном свете	При рассеянном свете		
	сильном	среднем	слабом
349	483	519	676

Кроме внешних условий, возраст растений также оказывает влияние на производительность их работы. Молодая листовая поверхность работает производительнее старой. Это показывает опыт Бриттса и Шанца (Briggs and Shantz) с люцерной, которая затратила на создание одной весовой единицы сухого вещества таких же весовых единиц воды:

В начале лета	1 008
В середине лета	1 354
После укуса в конце лета	520

Ясно, что говорить о потребности в воде различных растений и о производительности их работы нужно вообще с большой осторожностью. Она зависит не только от вида и сорта растений, но и от условий их развития, которые еще не все и не всегда поддаются или подвергаются учету.

На величину урожая влияют комбинация ежегодных колебаний притока тепла и света, влажности почвы и воздуха, направления и силы ветра, соотношения зольной и азотной пищи растений, реакция почвенного раствора, концентрация солей почвенного раствора, присутствие микроэлементов пищи и других, еще не изученных элементов, из которых создается реальная обстановка жизни растений. Насколько велико влияние этих различных комбинаций на одно и то же растение и на различные растения, отчетливо вырисовывается в опытах Уидето. Они были проведены последовательно в течение четырех лет при точно соблюдаемых, совершенно одинаковых условиях для всех случаев и семенах одного и того же сорта урожая 1901 года. Результаты опыта показывают производительность работы растений, выражающуюся в количестве весовых единиц воды, затраченных растениями для создания одной такой же весовой единицы сухого вещества:

Р а с т е н и е	Г о д ы			
	1902	1903	1904	1905
Пшеница	258	340	753	356
Сахарная свекла . . .	639	227	645	670
Горох	1658	269	510	525

Группы культурных растений по относительной потребности в воде. Растениеводство еще не разработало достаточно детально конкретных запросов и требований к почвоведению, и это отражается в слишком общем и глазомерном подразделении культурных растений на группы.

Нельзя не отметить, что стремление подразделить культурные растения на твердые производственные группы находится в вопиющем противоречии с существенными свойствами протоплазмы, ее изменчивостью и с прямым производным этого свойства — неограниченной пластичностью живого организма. Кроме того, нельзя рассматривать и сельскохозяйственное производство как нечто мертвое, застывшее в своих формах. Оно чутко отзывается на всякое изменение общественных отношений и успехи наук.

Деление культурных растений на временные группы может быть проведено на нескольких основаниях. Такое деление как производственное должно быть основано на существенных свойствах, имеющих прямое отношение к производству, т. е. по отношению растений к факторам жизни.

Не будем входить в рассмотрение группировки культурных растений, основанной на общих требованиях трех основных элементов народного и международного хозяйства, промышленности обрабатывающей, добывающей и создающей. Коснемся группировок, основанных на узкопроизводственных заданиях, обеспечить растение как основное средство производства необходимым количеством содержания или притока факторов его работы, т. е. его жизни.

Техническая группировка культурных растений может быть произведена по двум основным группам факторов их жизни, космическим и земным. По приспособленности к существованию в границах притока космических факторов, света и тепла, определяемых широтными условиями земной поверхности и высотой местности над уровнем океана, отличаются группы культурных растений *холодных широт, умеренного, субтропического и тропического климатов*.

В пределах каждой из этих групп происходит дальнейшее подразделение растений по их отношению к почвенным факторам жизни, воде и пище.

В раннее время развития научного земледелия производились попытки подразделить культурные растения на группы по их отношению к тем элементам пищи, недостаток которых чаще всего выявлялся в производстве, калию, фосфору и азоту.

Были выделены: группа калийных растений, в золе которых преобладал калий; группа растений с преобладанием в золе фосфора и группа известковых

растений, значительное содержание извести в золе которых сопровождалось значительным содержанием в растениях азота. Была попытка выделить еще и растения с преобладанием в их золе кремневой кислоты.

Указанные группы довольно хорошо совпадали с группами, выделенными на основании других хозяйственных признаков. Первая группа обнимала *корне- и клубнеплоды и растения технические*, вторая — *зерновые хлеба*, третья — *бобовые растения* и четвертую старались объединить с группой *злаков*.

Но очень скоро эта попытка деления на группы по составу золы была оставлена, как не обладающая производственным значением и не имеющая под собой научного основания.

Возникла группировка другая, основанная на отношениях культурных растений к воде, так как практически обеспечение требований растений к воде представляет труднейшую задачу производства. Из этого, однако, не следует, что отношение растений к элементам пищи имеет меньшее производственное значение.

Из сопоставления результатов исследований отношений культурных растений к воде, произведенных за полувековье с лишком, протекшее со времени опыта Ильенкова, не меньше как двумястами ученых на всех континентах, можно выделять такие группы сельскохозяйственных растений по их требованиям к величине запаса воды в почве:

Краткая характеристика групп	Требования к величине запаса воды в процентах от полной влагоемкости почвы ¹
1. Скороспелые кормовые злаки полевой культуры .	10—20
2. Южные, северные и горные яровые зерновые . . .	20—30
3. Зерновые хлеба средних широт, озимые и яровые .	30—40
4. Зерновые хлеба товарного значения, преимущественно яровые	40—50
5. Зерновые бобовые	50—60
6. Технические растения и корнеплоды	60—70
7. Полевые многолетние травы, злаки и бобовые . . .	70—80
8. Луговые посевные травы, злаки и бобовые	80—90
9. Луговые травы природных лугов	90—100

Чтобы уяснить причины больших различий в требованиях отдельных групп растений к запасу воды в почве, нужно познакомиться с условиями, определяющими величину потребления воды растениями.

Критические фазы развития растений. Одно из основных условий, определяющих ту или иную величину потребности растений в воде, — *продолжительность* так называемых *критических фаз развития растений*.

В развитии растений чаще всего отличаются четыре фазы, которые в наиболее отчетливой форме выявляются у злаков.

Это фазы *прорастания, кущения, цветения и созревания*. В первой фазе из прорастающего плода (зерновки) злака развивается первичный корешок (рис. 121, 122, 123, 124).

Корешок прободает плодовые оболочки и после этого замирает. Его место занимают несколько корней второго порядка (рис. 125). Зародыш стебля прободает плодовые оболочки острым концом первичного листка, который развивается в длину путем вставочного (интеркалярного) роста своего основания, следовательно, вперед своим наиболее старым окрепшим концом, пока не поднимется на 2—3 см выше поверхности почвы. После этого рост первичного листа прекращается, клетки его верхнего конца ослизняются, он открывается сверху и пропускает первый главный побег злака, развивающийся в полости первичного листа (рис. 126).

¹ Полная влагоемкость — такое состояние почвы, когда все ее волосные и веролозные промежутки заполнены водой.

Побег злака образует в почве на небольшом расстоянии ниже поверхности узел кушения, состоящий из нескольких укороченных междоузлий. Из узла кушения развиваются новые корни третьего порядка и по два новых побега из каждого узла, слагающего узел кушения. После того как разовьются корни третьего порядка и начнется развитие новых побегов, корни второго порядка и часть первичного стебля ниже узла кушения отмирают (рис. 127). С этого момента начинается фаза кушения.

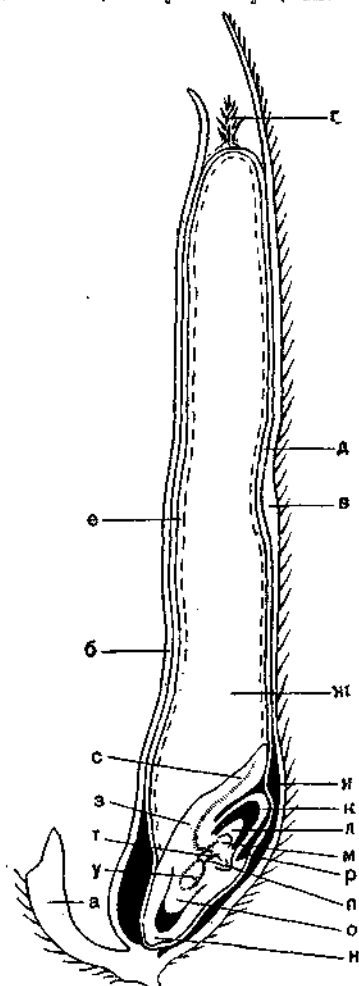


Рис. 121. Схема продольного разреза плода злака: а — часть общего стержня колоска; б — внутренняя чешуя; в — наружная чешуя; г — остаток рыльца; д — плодовая оболочка; е — алеуронный слой; ж — белок (эндосперм); з — щиток; и — бороздка вокруг верхней части зародыша; к — первичное листовое влагалище (колеоптиле); л — зачаток первого листа; м — точка роста стебля; н — первичное корневое влагалище (колеориза); о — зачаток главного корня; п — зачаток придаточного корня; р — зародышевая чешуйка (эпибласт); с — сосудистый пучок щитка; т — сосудистый пучок зародыша стебля с его переплетениями (анастомозами); у — сосудистый пучок зародыша корня.

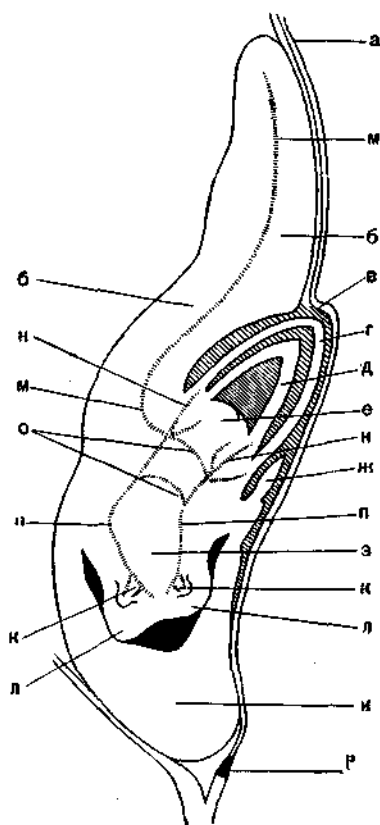


Рис. 122. Схема продольного разреза зародыша злака: а — сросшиеся плодовая и семенная оболочки; б — щиток; в — бороздка вокруг верхней части зародыша; г — первичное листовое влагалище (колеоптиле); д — зачаток первого листа; е — верхушечная почка; ж — зародышевая чешуйка (эпибласт); з — зачаток главного корня; и — первичное корневое влагалище (колеориза); к — зачатки придаточных корней; л — бугорки придаточных корней; м — сосудистый пучок щитка; н — сосудистые пучки зародыша стебля; о — переплетение сосудистых пучков (анастомозы); п — сосудистые пучки корней; р — семенное отверстие (микропиле).

Значение фазы кущения. Кущение состоит в последовательном образовании узла кущения на каждом новом побеге, из нового узла кущения развиваются новые побеги с новыми корнями при основании каждого побега. Наступление фазы кущения и ее продолжительность определяются известными пределами тепловых условий. При каждом длительном наступлении благоприятных тепловых (термических) условий и при наличии влаги вновь начинается кущение. Каждый вид и даже сорт растений имеет свои границы тепловых условий кущения, но изучение их в растениеводстве только начато работами акад. Лысенко.



Рис. 123. Прорастание главного корня алака: 1 — общая схема строения зародыша; 2 — главный корень прорывает оболочку, в отверстии которой, в зависимости от рода алака, может развиваться или главный корень, или придаточные корни.

У растений, не принадлежащих к семейству злаков, фаза кущения менее отчетлива и выражается в наступлении усиленного развития вегетативных органов из корневой шейки.

Значение степени обеспеченности водой фаз прорастания и кущения и периода созревания культурных растений освещено опытами Вольни. Приведем результаты двух таких опытов, с яровой рожью и яровой пшеницей. В каждом опыте растения в одинаковом числе развивались в цилиндрах при равенстве всех условий, кроме количества воды.

Влажность почвы поддерживалась по фазам развития растений при 20 и 60% полной влагоемкости почвы, так что получились комбинации влажности таких порядков:

1. Сухой, влажный, сухой.
2. Сухой, сухой, влажный.
3. Сухой, влажный, влажный.
4. Влажный, сухой, влажный.
5. Влажный, влажный, сухой.
6. Влажный, сухой, сухой.

Урожай приведен в следующей таблице:

Влажность почвы в процентах ее полной влагоемкости			Урожай (в кг)		
фаза прорастания	фаза кущения	период созревания	яровой ржи		
			сухой массе	зерна	соломы
20	60	20	329	52	105
20	20	60	164	25	63
20	60	60	378	92	186
60	20	60	185	14	110
60	60	20	338	75	155
60	20	20	134	28	102

Числа таблицы очень ясно указывают на значение фазы кущения в жизни злаков. Это критический период их жизни, и в течение его растение потребляет больше всего воды. В этот период образуются новые побеги и листья, и молодые ткани испаряют особенно много воды.

Продолжительность фазы кущения — главная причина деления культурных растений на приведенные выше группы.

1—2. Первые две группы, в сущности, эфемеры, и их эфемерность — результат сокращения продолжительности двух первых фаз, преимущественно второй.

3. В третью группу входят малокустящиеся яровые с короткой фазой кущения и озимые (сорта ржи), у которых фаза кущения сосредоточена на осень.

4. Четвертая группа представлена яровыми пшеницами, двухрядными ячменями с продолжительным обильным кущением и озимыми пшеницами, кущение которых происходит весной.

5. Пятая группа иначе называется группой широколиственных растений и обладает продолжительной фазой развития вегетативных органов.

6. В шестой группе сосредоточены технические растения, о которых будет речь позже, и корнеплоды. Последние представляют двухлетние растения, у которых первые две фазы протекают в первый год, причем вторая фаза часто длится четыре месяца.

7—9. И, наконец, у последних трех групп, объединяющих многолетние травянистые растения, фаза кущения начинается с момента цветения, обнимает весь период созревания и продолжается до зимы.

Причины различных требований растений к воде. На величину потребности культурных растений в воде оказывают большое влияние продолжительность вегетационного периода и величина общей листовой поверхности.

Зависимость потребности в воде от продолжительности вегетационного периода уже была рассмотрена. Здесь нужно только обратить внимание на то, что в культуре открытого грунта скороспелость несовместима с высокой урожайностью. Накопление органического вещества есть процесс биологический, требующий определенного количества времени для своего течения. Ускорение этого процесса может быть достигнуто лишь в случае повышения напряжения притока космических факторов, или расширения продолжительности времени (суточного периода) их притока, что может быть достигнуто культурой в закрытом грунте или селекционным подбором растений. Поэтому скороспелость в одинаковых условиях географической широты и без вмешательства селекции всегда связана с меньшей урожайностью, так как сокращение периода роста неминуемо влечет за собой и соответствующее сокращение периода инсоляции.

Величина испарения воды растениями, а следовательно, и практическая потребность в воде на гектар культуры определяется общей листовой поверхностью на гектар, т. е. густотой стояния растений в поле и степенью облиственности отдельных растений. Густота стояния растений характерна для культуры кормовых растений и лубяных прядильных растений. Большая облиственность растений составляет особенность бобовых и масличных. Большая листовая поверхность представляет следствие большого испарения этих растений вследствие высокой калорийности накапливаемых ими жиров и белков по сравнению с углеводами. Напомним, что в среднем 1 г жиров освобождает при сгорании 9 500 малых калорий, 1 г белка — 5 500 калорий и 1 г углеводов — 4 000 кало-



Рис. 124. Прорастание овса и проса: а — всход овса; б — всход проса.

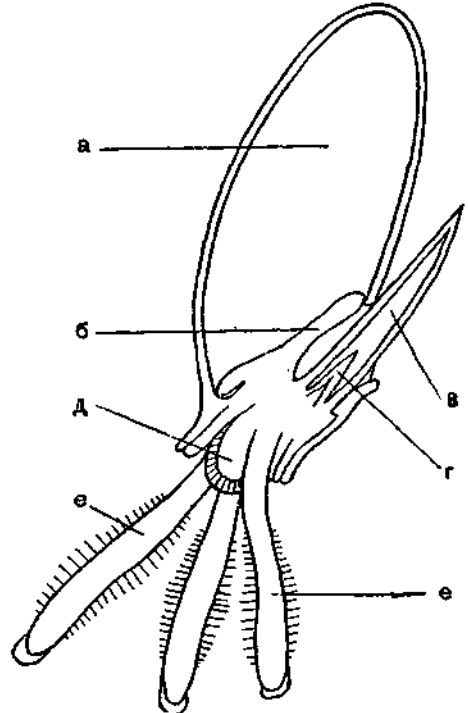


Рис. 125. Схема прорастания вторичных корней и перышка плода культурного злака: а — эндосперм; б — шиток; в — первичное листовое влагалище; г — зачаток стебля; д — неразвивающийся главный корень; е — вторичные корни с корневыми чехликами и волосками.

рий. Кроме того, перевод пластидами безазотных углеводов в азотсодержащее вещество сопровождается большим выделением тепла, и для охлаждения температуры рабочей поверхности растение вынуждено испарять большое количество воды.

Поэтому бобовые растения и технические, масличные, текстильные, находятся в одной группе с корнеплодами.

Различие потребности в воде растений однолетних полевых и многолетних кормовых иллюстрируется приведенными схематическими кривыми (рис. 128).

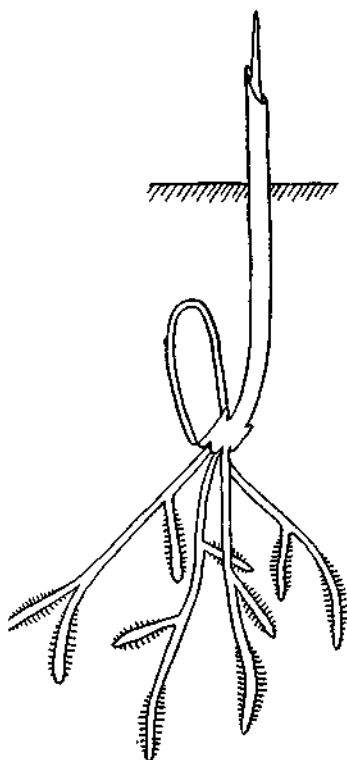


Рис. 126. Схема прободания главным побегом злака ослианной верхушки первичного листового влагалища.

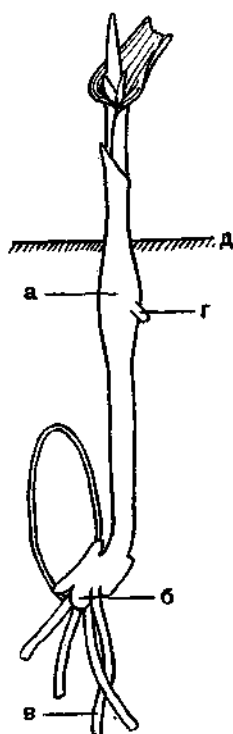


Рис. 127. Схема начала развития корневой системы третьего порядка из узла кущения у культурных злаков: а — узел кущения; б — замирающий главный корень; в — корни второго порядка; г — зачаток корня третьего порядка; д — уровень поверхности почвы.

У однолетних растений потребление воды начинается через несколько дней после посева и непрерывно растет до конца цветения, причем перед наступлением фазы цветения степень потребления воды несколько падает вследствие старения зеленой поверхности.

С окончанием цветения начинается быстрое падение потребления воды вследствие постепенного отмирания листьев, и к моменту мертвой спелости потребление растением воды совершенно прекращается (рис. 128).

У многолетних кормовых испарение начинается с момента освобождения от снегового покрова. Оно непрерывно растет до конца цветения, причем падение испарения частью стареющей зеленой поверхности в сильной степени парализуется развитием уже с начала цветения новых побегов. После укоса картина повторяется, но потребление воды не достигает летнего уровня.

После второго укоса потребление воды прекращается морозом (рис. 128).

Весной в полевой почве мы наблюдаем первый количественный максимум содержания воды.

Начиная с этого момента запас воды в ней беспрерывно уменьшается. Его пополняют выпадающие от времени до времени дожди. Но они не изменяют общего направления процесса уменьшения запаса воды. Это общее направление непрерывного уменьшения запаса воды в почве в течение летнего периода прогрессивно увеличивается, особенно по мере распахивки территории за счет уничтожения лесов и распахивки природных лугов.

Нужно помнить, что все без исключения однолетние культурные растения относятся к степной растительной формации. Все они отмирают или природным путем, созревают, или убираются задолго до наступления зимних морозов. Все они оставляют почву лишенной запаса воды, которую они испарили для создания своего урожая.

После уборки растений вплоть до начала зимы происходит медленное нарастание содержания воды в почве за счет выпадающих осенних осадков, наступает момент второго количественного максимума воды в почве.

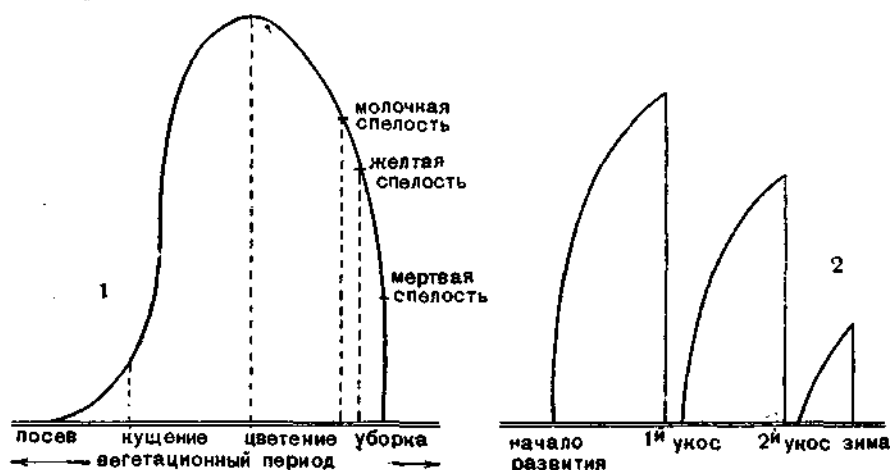


Рис. 128. Кривые потребления воды культурными растениями: 1 — однолетними; 2 — многолетними травянистыми.

Соотношение потребности растений в воде с влажностью почвы. Если сопоставить кривую изменения потребности в воде различных групп сельскохозяйственных растений с кривой изменения запаса воды в почве в течение вегетационного периода, то становится ясной общая задача обработки почвы.

Это сопоставление ярче всего улавливается при помощи схематических графиков, на которых нанесена кривая изменения влажности почвы в течение шести месяцев вегетационного периода. В этой кривой не учитываются случайные колебания влажности почвы под влиянием летних дождей. Она представляет схему общей тенденции динамики запаса воды в почве в течение вегетационного периода.

На графиках также нанесены в форме схематизированных кривых требования различных групп сельскохозяйственных растений, главным образом их абсолютная потребность в воде. Учтены в общих чертах и различия моментов развития растений и времени уборки растений.

Такие графики составлены:

I — для скороспелых кормовых полевых и скороспелых хлебов южных, северных и горных стран (рис. 129—I);

II — для позднеспелых хлебов продовольственного и товарного характера (рис. 129—II);

III — для технических растений (рис. 129—III);

IV — для корнеплодов как технического, так и пищевого и кормового значения (рис. 129—IV);

V — для посевных многолетних злаков и бобовых полевой культуры (рис. 129—V);

VI — для посевных многолетних злаков и бобовых луговой культуры (рис. 129—VII).

Приведенные схемы показывают не только соотношения потребностей различных групп растений в воде и динамики природного запаса воды в почве. Их заштрихованные поверхности показывают и необходимость совершенствования техники земледелия по мере того, как условия социалистического народного хозяйства предъявляют все возрастающие требования к разнообразию продукции сельского хозяйства.

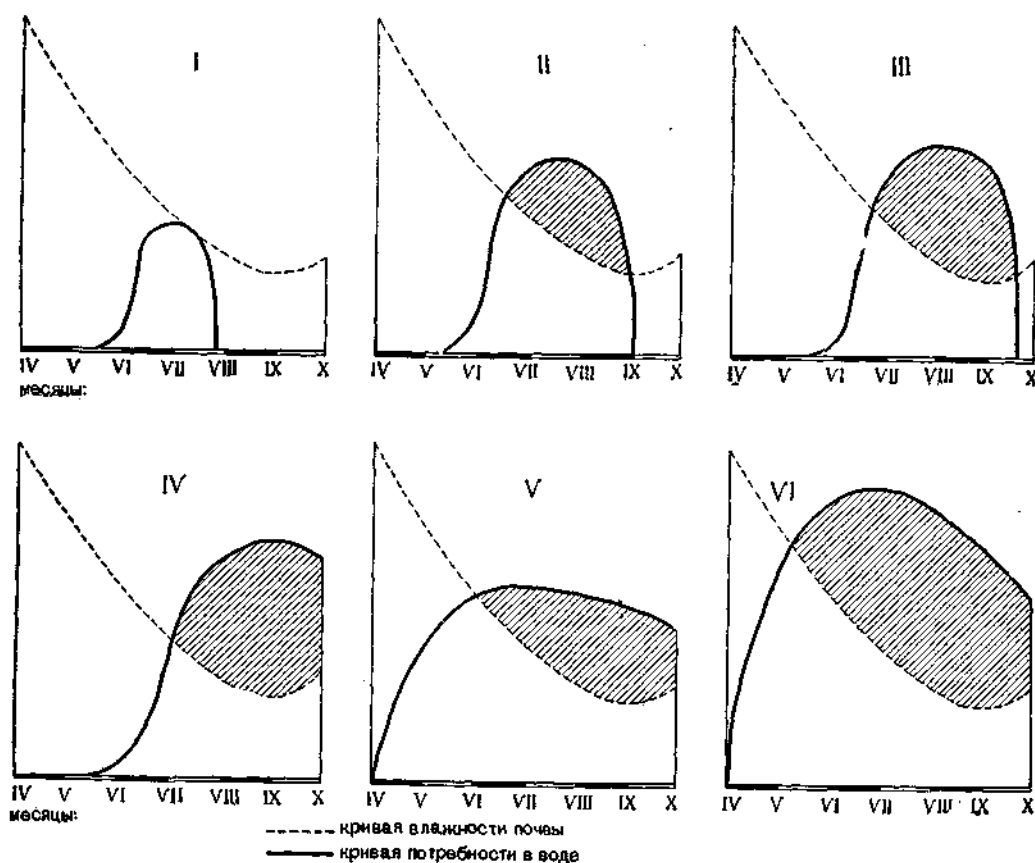


Рис. 129. Соотношение между кривой изменения влажности почвы во время вегетационного периода и потребностями в воде группы культурных растений: I — скороспелые кормовые полевые и скороспелые хлеба южных, северных и горных стран; II — позднеспелые хлеба продовольственного и товарного характера; III — технические растения; IV — корнеплоды технического, пищевого и кормового значения; V — посевные многолетние злаки и бобовые полевой культуры; VI — посевные многолетние злаки и бобовые луговой культуры.

Из схем вытекает вывод, что одна из основных задач техники земледелия — овладеть водным режимом почвы и страны.

Влияние структуры почвы на ее водный режим. В почвоведении было установлено важное значение структуры почвы в определении свойств ее водного режима.

Почва может находиться в двух противоположных состояниях структуры. Она может быть или комковатой, когда масса почвы разделена на отдельные комки диаметром от 1 до 10 мм, залегающие более или менее рыхлым слоем, или раздельночастичной, когда отдельные, составляющие почву частички не входят между собой ни в какие особые отношения и залегают сплошной массой на всю глубину пахотного слоя. В такой почве все свойства распределены равномерно

во всех направлениях. Последнее состояние может варьировать. Почва может быть в распушенном или в плотном состоянии. Распушенное состояние, когда частички ее совершенно отделены друг от друга и лежат рыхлой массой, не имеет практического значения, так как после первого дождя переходит в плотное. Не следует смешивать агрегатного состояния со структурой почвы. Крупность отдельностей агрегатного состояния колеблется около 0,1—0,2 мм и имеет лишь небольшое значение при определении характера водного режима. Принципиально отличаются лишь комковатое (структурное) и раздельночастичное (бесструктурное) состояние почвы.

Когда почва находится в раздельночастичном состоянии, то совершенно независимо от того, каков будет источник прихода воды к ее поверхности, в ней устанавливается нисходящий, прогрессивно замедляющийся волосной ток воды. Каждая проникающая в такую почву капля воды препятствует проникновению следующих капель. Поэтому даже при слабом дожде на поверхности такой почвы должен обособиться слой капельножидкой (гравитационной) воды, которая сте-



Рис. 130. Схема различных форм структуры почвы.

кает по уклону поверхности в долины рек или замкнутые понижения микрорельефа, снося распыленные элементы почвы вниз по уклону.

Образующаяся весной при таянии снеговая вода в такую почву совсем не проникает, все равно, замерзшая почва или растаявшая.

Зимой, как только замерзнет верхний бесструктурный горизонт почвы, вся заполняющая его волосные промежутки вода обратится в лед, отчего упругость пара воды в нем понизится. Так как упругость пара воды в нижних, незамерзающих слоях породы будет больше, чем в замерзшем слое, то сейчас же начнется перегонка водяного пара снизу вверх до тех пор, пока все волосные промежутки верхнего слоя почвы, начиная с ее поверхности, не будут сплошь заполнены льдом вследствие сгущения и замерзания перегоняющегося водяного пара. Поэтому, как правило, все 100% воды зимних осадков стекают по поверхности почвы, и в бесструктурную почву ни одна капля снеговой воды не проникает.

Сделанный бесструктурной почвой запас воды не обладает прочностью. Летом, как только прекратится дождь, так тотчас с поверхности почвы начнется испарение, которое сразу прекратит нисходящий ток воды. Все проникшее в почву количество воды представляет одну сплошную волосную массу. Поэтому, как только на поверхности почвы обособится более сухой слой, к нему тотчас устремится вода из ближайшего нижнего слоя, и под влиянием создавшейся разности напряжений влажности вся масса воды почвы устремится к ее поверхности. То же происходит и весной, начиная с момента оттаивания почвы.

Восходящий ток воды не подчиняется закону прогрессивного замедления, как это наблюдается при движении нисходящего тока воды. Скорость восходящего тока воды определяется только быстротой испарения воды с поверхности почвы, поэтому ее движение может быть или равномерным, или даже уско-

ренным в случае усиленного испарения воды под влиянием повышенной температуры или под влиянием ветра. Насколько быстрым может быть процесс испарения воды из бесструктурной почвы, видно из того, что, например, в Заволжье весь весенний запас воды может под влиянием суховея испариться в один-два дня.

В результате всей неизбежности этих процессов запас воды в разделяночистой (бесструктурной) почве и невелик, и непрочен. Он эфемерен и совсем не подчиняется регулированию. Водный режим бесструктурной почвы *стихийный, что определяет и стихийные колебания урожайности* на бесструктурной почве.

В почве комковатой, структурной, водный режим иной. Проникновение воды в массу почвы происходит под влиянием не волосности, а проницаемости через неволосные промежутки между комками почвы. *Великий дождь, какова бы ни была его сила, целиком проникает в массу структурной почвы.* Эта скорость проникновения воды так велика, что при искусственном орошении структурных почв приходится применять особые меры для распределения воды равномерно по всему участку. Без этих мер вода не разливается дальше 2—3 м от выпуска приводящего канала, впитываясь целиком в почву.

Весенняя снеговая вода также целиком поглощается структурной почвой. Понятно, что и в комковатой почве зимой образуется восходящий ток водяного пара из нижних, незамерзших горизонтов в верхние. Но этот пар сгущается внутри комков, в волосных ходах почвы, где имеются кристаллы льда. Запас воды в комках увеличивается до заполнения всех волосных промежутков, но неволосные промежутки между комками останутся свободными от льда. Поэтому весной, когда начинается таяние снега, все количество снеговой воды целиком проникает в промежутки между комками и распределяется по поверхности пахотного горизонта в виде слоя капельно-жидкой воды.

Поэтому в структурную почву проникает 100% всего годового количества атмосферной воды, тогда как в бесструктурную почву редко когда проникает больше 30% суммы летних осадков. Только очень небольшие и непродолжительные дожди целиком проникают в массу бесструктурной почвы, но и эта вода после прекращения дождя быстро испаряется.

Запас воды структурной почвы обладает большой прочностью. После прекращения дождя немедленно начинается испарение воды с поверхности комков. Но комки соприкасаются между собой лишь очень небольшими площадками. *Ширина промежутков в местах соприкосновения комков всегда больше ширины промежутков между частицами почвы, слагающими каждый отдельный комок.* А так как вода из тонких капилляров в широкие волосным путем перейти не может, то переход воды из комка в комок неосуществим, и высыханием двух слоев комков, непосредственно соприкасающихся с воздухом, ограничивается потеря воды испарением из структурной почвы. Быстрое высыхание верхних комков повлечет уменьшение их в объеме, и вследствие этого в еще большей степени нарушится волосная связь двух верхних слоев комков с нижними. Испарение воды из комков нижних слоев может совершаться только в насыщенную водой атмосферу промежутков между комками. Эта атмосфера насыщена парами воды в соответствии с температурой и давлением во всякий данный момент, и переход паров воды в наружную атмосферу может происходить только осмотическим путем. Но подобная потеря воды совершается во много раз медленнее, чем прямое испарение воды волосного тока в воздух.

Разница процессов испарения структурной и бесструктурной почв часто может приводить к ложному выводу. После дождя *поверхность* комковатой почвы быстро высыхает, между тем как плотная поверхность распыленной почвы дольше сохраняет влажное состояние. Зная динамику процессов испарения из этих различных по структуре почв, легко понять причину этого явления. В структурной почве быстро высыхающий поверхностный слой образует так называемый *изолирующий, или защитный, слой*, который сразу почти прекращает испарение воды из почвы, и чем скорее он образуется, тем сильнее будет его полезный эффект. Вместе с тем неволосные промежутки все время остаются открытыми, и

ни на одно мгновение не прекращается свободный доступ кислорода воздуха в массу почвы. Наоборот, распыленная почва с поверхности влажна до тех пор, пока не испарится весь ее запас воды, что обычно наступает очень скоро. Вместе с тем непрерывный приток волосной воды к поверхности бесструктурной почвы непрерывно поддерживает волосные промежутки почвы в заполненном водой состоянии, и этим непрерывно изолирует массу почвы от доступа кислорода воздуха, до полного высыхания почвы.

После ознакомления с динамикой процесса испарения воды из почвы становятся понятными многие технические требования к обработке почвы. Понятно,

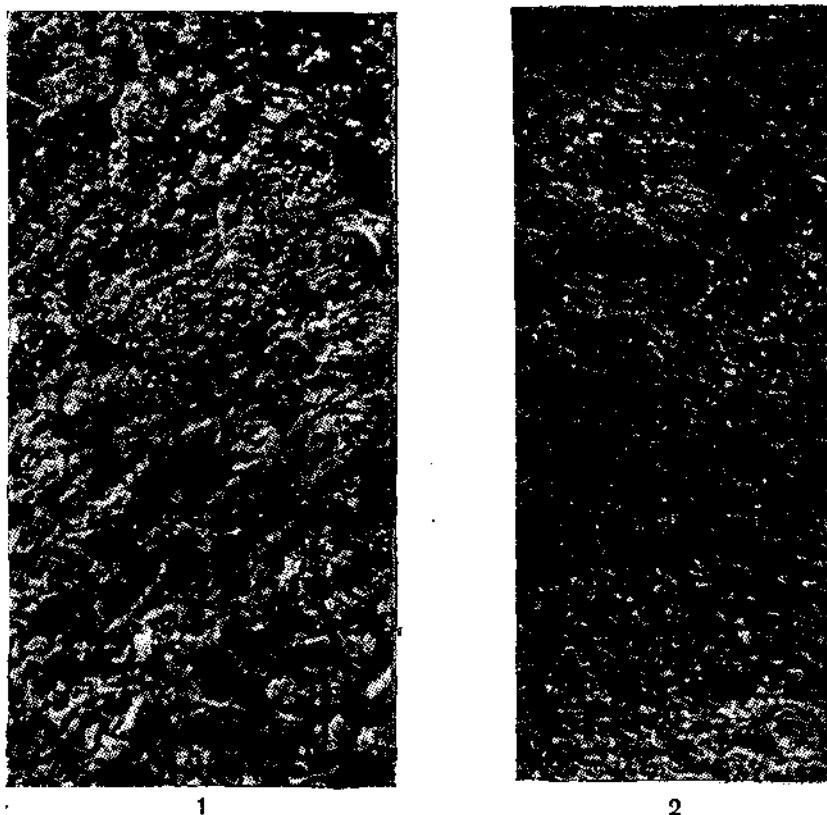


Рис. 131. Поверхность структурной (1) и распыленной (2) почвы
(фото из Азрбоз).

на чем основано требование, чтобы боронующий шел не по следу бороны, а сбоку, по еще неборонованному полю. По той же причине преследуется и хождение людей и особенно скота по полям, хотя бы и незасеянными. Понятны и обязательность шлейфования после посева рядовой сеелкой и боронования гвоздевой после укатывания.

Влияние структуры почвы на водный режим страны. Запас воды, который может сделать комковатая почва, за исключением потери от испарения двумя поверхностными слоями комков, будет максимальным. Он лишь немногим меньше абсолютной величины притока атмосферных осадков в течение времени, когда почва находится в разрыхленном состоянии. Опыты с различными почвами в различных условиях показывают, что запас воды в комковатой почве равен 85% от годового количества атмосферных осадков.

Проникшая в массу комковатой почвы вода находится в ней в различных состояниях. Часть воды рассасывается по массе комков. В этом состоянии вода вполне неподвижна вследствие того, что промежутки между комками в местах их соприкосновения шире, чем промежутки между механическими элементами ком-

ка. Эта часть воды представляет *основной запас воды почвы*, который покрывает и расход на осмотическую потерю воды испарением из структурной почвы, и расход на испарение воды растениями. Потеря воды осмотическим испарением неизбежна вследствие того, что воздух между комками всегда находится в состоянии насыщенности водяными парами при данных температуре и давлении. Между тем воздух атмосферный всегда менее насыщен, что и вызывает восходящий осмотический ток воды.

После насыщения полной влагоемкости комков структурной почвы в ней может оказаться некоторое избыточное количество капельно-жидкой воды. Эта часть воды соберется слоем на поверхности подпахотного или подпочвенного бесструктурного горизонта.



Рис. 132. Размытость давно обезлесенной территории. Китай (по Уитнею).

Если подпочва или подпахотный горизонт были иссушены проникшими в них корнями растений, то часть этой воды *волосным током* направится вертикально вниз. Этот равномерно замедленный ток будет продолжаться до тех пор, пока не будет восстановлена нормальная влажность породы.

Одновременно начнется и ток *капельно-жидкой воды параллельно поверхности почвы по направлению склона*. Этот ток будет подчиняться общим законам движения почвенной воды. Этот ток движется под влиянием силы тяжести, т. е. равномерно ускоренным движением. Но на пути ему приходится преодолевать трение и прилипание бесчисленного количества комков, обтекать их. Это сопротивление, называемое *сопротивлением породы*, прежде всего обращает ускоренный ток в равномерный и, кроме того, чрезвычайно замедляет его движение. В среднем из большого ряда измерений скорость этого тока при разных углах наклона равна 1 км в два месяца (при рельефе не горной страны).

При медленном течении этот ток будет, во-первых, преодолевая трение массы почвы, питать *вертикальный нисходящий неволевой ток воды*, движущийся по трещинам почвообразующей породы и питающий, в свою очередь, горизонт *грунтовой воды*; во-вторых, вода этого тока будет расходоваться частью на непосредственное питание растений, частью на пополнение воды, испаренной растениями из запаса *волосной воды комков*.

Пополнение запаса волосной воды комков происходит частью непосредственным впитыванием в комки, соприкасающиеся с водой, но главным образом путем образования так называемой *подземной росы*. Ночью поверхностные горизонты почвы охлаждаются, и вследствие разности упругости водяного пара будет происходить перегонка водяного пара из нижнего, более теплого горизонта почвы в верхние, более холодные горизонты почвы и ступение его в воду на холодной поверхности комков верхних слоев.

Такой водный режим почвы и страны устанавливается под влиянием изменения только одного фактора — структуры почвенного горизонта.

При господстве распыленной бесструктурной почвы сильнее всего выражена *размывающая деятельность воды*. Овраги и промоины беспрерывно растут и расползаются своими вершинами. Все больше облегчается бесполезный быстрый сток как поверхностной, так и почвенной воды. Каждый дождь и каждое весеннее таяние снега уменьшают площадь удобной земли и сносят все возрастающее количество пахотного горизонта почв, в котором элементы пищи растений, а следовательно, и человека накапливались тысячелетиями. *Сносится в море реальное богатство народа.*

Режим рек становится *контрастным*: бурные весенние паводки и быстрое наступление чрезвычайно низкой, часто *несудоходной* межени. Реки второго порядка летом совсем пересыхают. Для водопоя требуются искусственные сооружения. С прогрессивной быстротой уменьшается значение рек, как источников энергии.

В бюджете народного хозяйства появляется ряд непроизводительных статей расхода: борьба с оврагами, борьба с перекатами. *Эта борьба, направленная на последствия, если одновременно не бороться с причиной процесса, не имеет под собой логического основания.*

Вся территория страны распадается на две части. Одна, обнимающая водоразделы и все элементы склонов, всегда страдает от недостатка воды. Другая, ограниченная замкнутыми элементами рельефа или элементами с затрудненным стоком воды, всегда страдает от избытка поверхностной воды. Эти избыточно увлажненные пространства прямо использовать, без осушения, нельзя. Если осушка произведена подземным дренажем, то дрены стоят круглый год сухими, а поверхность почвы все также избыточно увлажнена. Если осушка произведена открытыми канавами или произошла путем образования промоины, то осушенное угодие немедленно переводится в разряд страдающих от недостатка воды; тогда его начинают орошать, и оно немедленно засоляется, и тогда с него переселяются. Эта короткая характеристика не преувеличена, она представляет просто очень краткую сводку «мероприятий по улучшению сельского хозяйства и быта сельскохозяйственного населения» в дореволюционной России.

Совсем иным представляется водный режим страны при господстве структурных почв. Делювиальные токи воды совсем прекращаются. Совсем отпадает необходимость борьбы с оврагами. Режим рек становится равномерным. В речных долинах вновь откладывается зернистая пойма, и возрождаются первоклассные заливные луга на тех областях поймы, уровень которых не настолько повысился наносами бесплодной пыли предшествовавших бурных разливов, чтобы попасть в разряд незаливаемых угодий. Исчезают мели и перекаты, межени. Уровень рек не падает ниже предела возможности судоходства.

Вместо прежних, избыточно увлажненных, пониженных, бросовых земель возникает разряд угодий, покрытых структурной «перегнойно-глинистой, влажной, с достаточным содержанием извести, во всех отношениях безупречной пшеничной почвой», как характеризует такие почвы А. Тэер.

Структурные почвы других элементов рельефа также обладают прочным запасом влажности, но абсолютная величина запаса воды в почве различных элементов рельефа еще резко разнится. Это зависит от быстроты движения тока почвенной воды на разных элементах рельефа. На водоразделах и первых третях склона эта скорость очень велика, и вследствие этого величина запаса воды в их почве в течение вегетационного периода зависит от частоты его возобновления дождем.

ми. Эти области, без производственного воздействия человека, еще в значительной мере сохраняют элемент неустойчивости урожая.

Уже приблизительно со второй трети склона ток почвенной воды, притекающий с повышенных частей рельефа, становится постоянным, и с них начинается область, в которой полностью обеспечиваются водой культуры, предъявляющие не слишком большие требования по отношению к воде.

Область водоразделов, благодаря слишком резко выраженной стихийности своего водного режима и по другим причинам, о которых будет речь ниже, не может быть, строго говоря, причислена к полевым угодьям или к угодьям луговым. Она природное лесное угодье. Только лес, охватывающий своей многолетней корневой системой огромные толщи породы и накапливая слой лесной подстилки, может быть независимым от прерывистого водного режима поверхностных покровных пород водораздела.

Раз водоразделы облесены, меняется и характер водного режима почв верхней половины склонов. Лесная подстилка удерживает выпадающие осадки и растягивает время их стекания к склонам, и запас воды в почве верхних частей склонов непрерывно пополняется по мере его испарения культурными растениями.

Формы запаса пищи растений в почве. Второй элемент плодородия почвы, находящего конкретное выражение в ее урожайности, составляет пища растений.

Элементы пищи растений могут находиться в почве в трех состояниях:

или в состоянии органических соединений;

или в состоянии ионизированных солей, катионы которых находятся в поглощенном состоянии в гранулах коллоидов, а анионы равномерно распределены в интермицеллярной почвенной жидкости;

или, наконец, в форме раствора солей электролитов, т. е. непоглощенных коллоидами почвы и не входящих в состав органического вещества.

Несомненно, что основное состояние запаса элементов пищи растений — их нахождение в составе мертвого органического вещества растительных остатков почвы и перегноя. Это то состояние, которое было причиной обособления природного тела почвы. Как только элементы зольных растений и азот переходят в состояние минеральных соединений, они тотчас и неизбежно начинают уноситься током воды, выщелачиваться.

Вынос элементов пищи или выщелачивание их из почвы совершается двояким путем. Или соли уносятся нисходящим током воды по сети трещин почвообразующей породы, питающим грунтовые воды, или они сносятся токами почвенной и делювиальной воды в понижения рельефа. Соли, проникшие в грунтовые воды, несомненно, надолго изъеются из малого биологического круговорота, и только незначительная часть их возвращается на сушу в виде всевозможных питательных и удобрительных веществ, черпаемых из моря. Эта часть составляет ничтожную долю того, что ежегодно сносится в море. Кроме того, значительная порция зольных элементов морских продуктов возвращается, минуя почву, обратно в море, с обросами приморских и больших городов.

Соли, уносимые из почвы делювиальными и почвенными водами, тоже частью попадают в реки, частью задерживаются в почве пониженных элементов рельефа. Здесь они переходят в состояние мертвого запаса в форме залежей торфа или отложений виванита, сапропеля и поглощенных веществ в залежах луговых мергелей, пресноводного трепела, охры и рудяковых образований.

В областях господства степного периода почвообразовательного процесса эти соли сносятся в понижения рельефа и образуют солончаки. Этим объясняется повсеместное на юге и востоке применение солевых выщелков в качестве удобрительного материала в виде компостного удобрения, так называемого «амбара». Часть солей задерживается в поглощенном состоянии в горизонтах вскипания и глеевом, эти горизонты всегда представляют одновременно и соленосные горизонты. Но главная масса солей в виде раствора электролитов в почвенной воде медленно, но неуклонно направляется к руслам рек и оттуда в моря.

Состояние элементов зольной и азотной пищи растений в форме минеральных солей наименее желательна в культурной почве, так как в этом случае они при-

имеют слишком подвижную форму и легко выщелачиваются или даже могут получить и вредное значение.

Что касается поглощенных солей, то количество их очень незначительно, и рассчитывать на них как на основной фонд элементов пищи в почве нельзя. Тем более потому, что два практически наиболее важных элемента, азот и фосфор, не поглощаются коллоидами почвы. А поглощение калия всегда связано с вытеснением поглощенного катиона кальция. Это всегда ведет к утрате почвой ее агрегатного состояния и к утрате ею прочности структуры. По этой причине в Западной Европе твердо установилось правило применения минеральных калийных удобрений исключительно на травяных полях, где утрата почвой структуры парализуется массой корней, пронизывающих дернину, и дальнейшим внесением в полевую почву навоза, полученного после стравливания богатого калием сена удобренных полей.

Таким образом нормальным состоянием элементов пищи в почве надо считать состояние мертвого органического вещества *растительных остатков почвы и перегноя, равно как и живого органического вещества растений и бактерий.*

Но в состоянии органического вещества элементы зольные не могут быть усвоены зелеными растениями, и использовать такое состояние элементов пищи могут исключительно растения микотрофного типа питания. Все же однолетние культуры растения, за исключением пластовых, представляют автотрофные организмы, требующие состояния всех элементов пищи в форме минеральных окисленных соединений.

Многолетние культурные злаки также принадлежат к автотрофно питающимся растениям, хотя некоторые из них представляются факультативными микотрофами. Что касается бобовых, как однолетних, так и многолетних, то все они по своему азотному питанию бактериотрофны, т. е. они усваивают азот путем сожительств с бактериями, связывающими свободный азот воздуха.

Способы регуляции пищевого режима почвы. Очевидно, что питание культурных растений требует перевода основного запаса зольных элементов, находящихся в форме органического вещества, в состояние минеральных солей. Для этого есть два пути, биологический и искусственный, абиотический. До сих пор еще не изжито мнение, что возможно природное абиотическое разложение органических веществ в почве при сохранении температуры и давления, при которых совершается синтез органического вещества. Но реакция синтеза органического вещества представляет реакцию необратимую, и можно заставить ее протекать в обратном направлении только при изменении температуры (до 700°) или давления (до 150 атм.). Искусственный, абиотический процесс до начала прошлого века местами еще широко применялся в Западной Европе в форме *обжигания или обугливания дернины в кострах или в валах.*

При абиотическом разрушении органического вещества посредством обжигания происходят чрезвычайно быстрое обращение всего запаса зольных элементов органических остатков почвы в минеральные соли и столь же быстрое последующее их выщелачивание. Это прием хищнический, приводящий к полной потере всего связанного азота. Поэтому способ обжигания почвы в настоящее время почти не применяется и остается еще при наиболее первобытных способах культуры болот и освоения новых земель. Остается путь биологического разрушения мертвого органического вещества почвы. Такое разрушение, как нам уже известно, может происходить аэробным или анаэробным путем.

Анаэробный процесс в природных условиях приводит к сохранению приблизительно половины органического вещества. Только в присутствии лесных деревьев, стимулирующих непрерывный ток воды, уносящий образующуюся ульминовую кислоту, и в обстановке притеррасной топи этот процесс приводит к полному разрушению органического вещества.

Анаэробный процесс не только способствует сохранению большей части органического вещества, но, восстанавливая все элементы среды, тем самым переводит наличные и образующиеся минеральные соли элементов зольной пищи в неусвояемую автотрофными растениями форму закисных соединений. Кроме того,

он разрушает азотсодержащие соединения с выделением молекулярного азота, не пригодного для питания большинства растений. В анаэробной обстановке могут питаться только микотрофные растения, и по всем этим причинам анаэробный процесс совершенно не пригоден для мобилизации зольных элементов органического вещества.

Аэробный процесс дает такие формы соединений зольных элементов и азота, которые отвечают требованиям азототрофных культурных растений, при нем образуются окисленные минеральные соли. Но аэробный процесс протекает очень энергично. Органическое вещество при аэробном разложении быстро сгорает, и его зольные элементы все принимают формы окисленных минеральных солей или солей галоидов (хлор, бром, иод) и выщелачиваются. Или обращение их в минеральные формы влечет за собой перенос их и скопление в понижениях рельефа, т. е. те последствия, которые уже рассмотрены при изучении степного периода почвообразовательного процесса.

Таким образом ни один из этих двух процессов в отдельности не пригоден для наших целей вследствие крайней противоположности свойств. Процесса же со свойствами промежуточными в природе не существует.

Пищевой режим бесструктурной и структурной почвы. Единственный способ производственного решения лежащей перед нами задачи — одновременное совмещение в почве и того, и другого процесса, т. е. необходимо в одной и той же среде в одно и то же время создать условия, взаимно друг друга исключающие.

При раздельночастичной структуре условия аэробизмизиса и анаэробизмизиса друг друга исключают попеременно. В такой почве вода и усвояемая пища — антагонисты.

Поэтому, когда в такой почве промежутки заполнены водой, в ней господствуют условия, благоприятствующие сохранению органического вещества, и процесс восстановления элементов пищи в закисные соединения.

Когда в такой почве промежутки заполнены воздухом, в ней ярко выражен аэробный процесс, но культурные растения, вследствие недостатка воды в почве, не могут использовать обильную минеральную пищу.

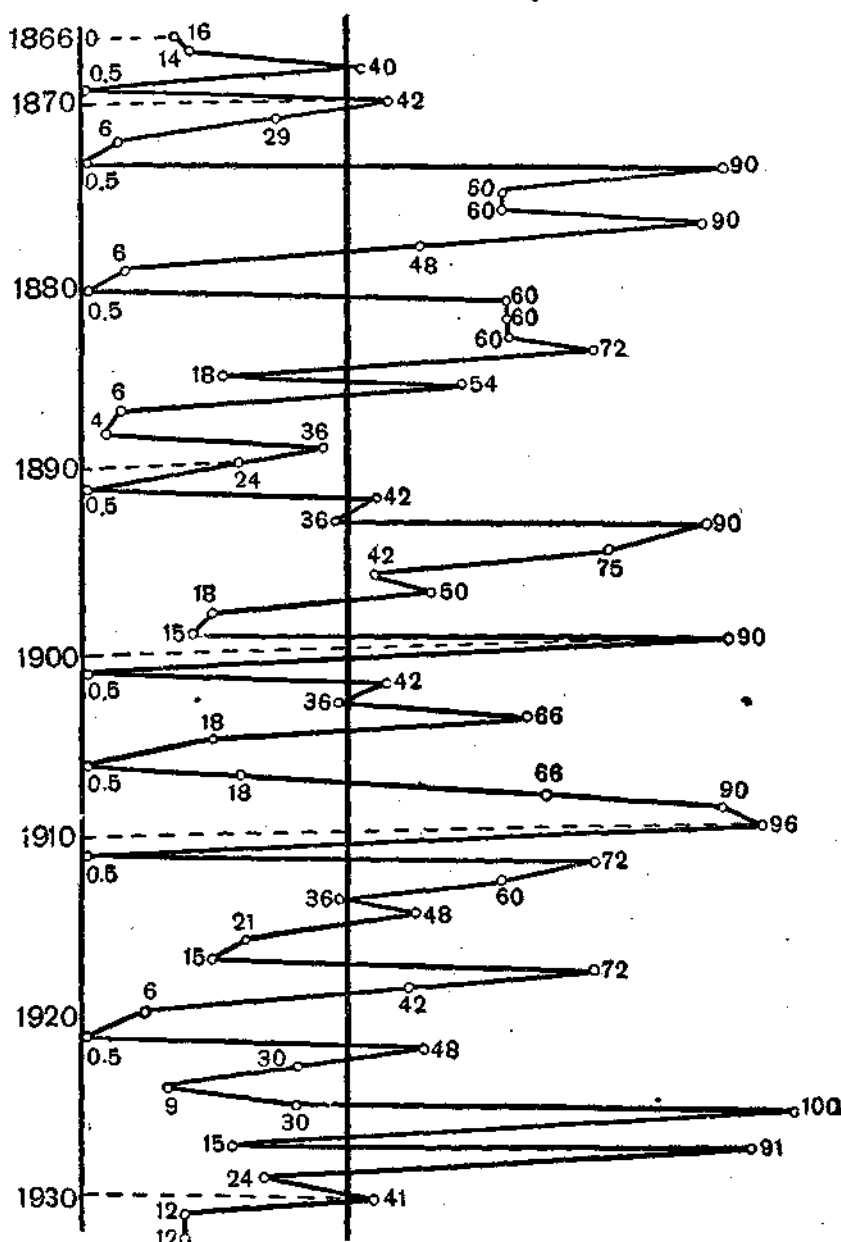
Только в короткие промежутки времени начала дождя или начала сухого периода растения встречают необходимую им комбинацию одновременного присутствия обоих элементов плодородия. Но как только наступает продолжительная дождливая погода, так соли зольных элементов пищи в почве переходят в закисные соединения, а минеральные соли азота безвозвратно разрушаются. В противоположном случае продолжительной засухи результат также очевиден.

На раздельночастичной почве хороший урожай — результат только частых, но не сильных дождей. Средняя урожайность такой почвы очень низка при колоссальных колебаниях вокруг этой невысокой средней.

В структурной почве вода и усвояемая пища не бывают антагонистами. Вода и воздух в ней занимают различные части объема общей массы промежутков почвы и в соответствующих частях ее создают соответствующую обстановку. Условия аэробизмизиса и анаэробизмизиса как бы взаимно проникают друг в друга, составляя две непрерывно развитые во всех направлениях цепи, звенья которых обильно проникают в просветы каждой.

Основной элемент структурной почвы — комок. Каждый комок такой почвы пронизан органическим веществом в форме аморфного перегноя, а поверхность комка оплетена живыми и мертвыми корнями и корешками. На поверхности каждого комка, непрерывно омываемой воздухом, протекает аэробный процесс распада органического вещества, поддерживаемый влагой волосной массы комка. Приток кислорода очень обильен, он совершается путем осмотического тока из наружного воздуха. Стимул, определяющий непрерывность этого тока, — непрерывное поглощение кислорода аэробным процессом. Опыт показывает, что осмотическое движение газов через неолосные промежутки поверхности почвы совершается с такой же скоростью, как если бы комков почвы совсем не существовало и осмос совершался бы в спокойном воздухе.

По общему правилу господство энергичного аэробного процесса на поверхности тела создает, как это доказано Пастером и подтверждено работами Виноградского, условия анаэробнозиса внутри массы тела. Степень выраженности



ность комков, по данным опытов, лежит около 2—3 мм, но практически она принимается от 1 до 10 мм. Отдельности крупнее 10 мм называются глыбами. При больших комках увеличивается величина промежутков между комками. При больших промежутках осмотическое проникновение кислорода воздуха в массу почвы заменится движением всей массы воздуха в форме струй. Тогда и запас воды в почве утрачивается путем испарения во много раз быстрее, чем даже в бесструктурной почве, вследствие увеличения испаряющей поверхности глыб. Сохранится только аэробный процесс, который быстро разрушит органическое вещество почвы, но растения не будут в состоянии воспользоваться изобильной пищей вследствие отсутствия воды.

Проблема удовлетворения растений элементами пищи неразрывно связана с проблемой удовлетворения его водой и в пространстве и во времени.

Пища бактерий и ход разрушения органических веществ почвы. Разрушение органического вещества производится живыми организмами, это процесс биологический. Как таковой он в значительной степени зависит и от наличия элементов пищи бактерий, разрушающих органическое вещество. В главе, в которой изучалась болотная стадия дернового периода процесса, было показано, как влияет наличие элементов пищи бактерий на степень разложения торфа. Этот момент в природных условиях на бесструктурных почвах ярко выражает свое влияние на различных элементах рельефа.

Количество зольных элементов в органических остатках непрерывно падает в направлении от нижних третей склонов к водоразделу. Сообразно с этим изменяются и энергия процесса разложения органических остатков, и быстрота накопления в почве аморфного перегноя, и сохранение в ней неразрушенных органических остатков, яркий пример чего — сравнение хода дернового процесса на алюмосиликатной, карбонатной и пермской моренах.

По этой причине в нижних элементах рельефа встречаются богатые «нежным» и «сладким» перегноем почвы, и по мере приближения к водоразделу все больше возрастают «грубые» органические остатки. На водоразделе, наконец, нередко случаи накопления в почве «кислого», сырого перегноя или просто неразрушенных органических остатков.

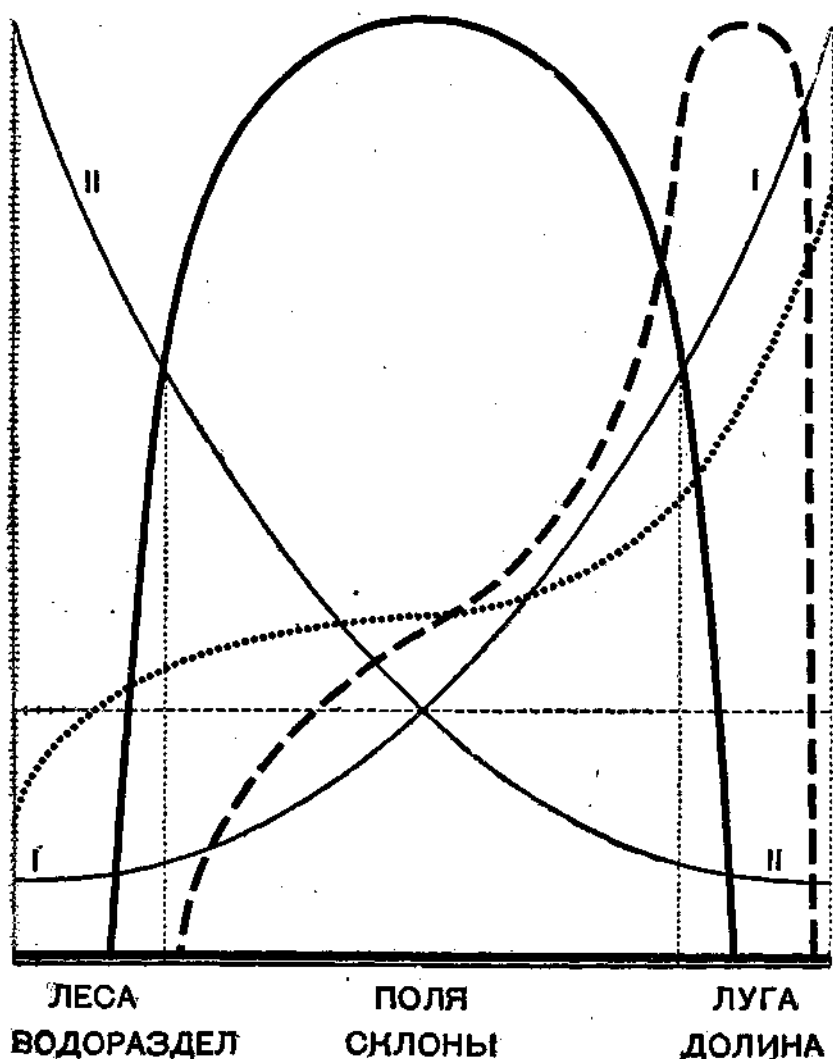
Все сказанное имело в примитивных условиях культуры большое значение при распределении по элементам рельефа различных групп культурных растений. В начале этой главы показало, как все культурные растения делятся на группы сообразно с количеством потребляемой ими воды.

Очевидно, что потребность культурных растений в зольных элементах пищи изменяется в том же направлении, как и потребность в воде.

Количество потребляемой растением воды определяется величиной его работы. Продуктивность работы растения прямо зависит от количества находящихся в его распоряжении элементов, из которых состоит его продукт, органическое вещество. Эти элементы и составляют пищу растений. Ясно, что при недостатке пищи растение будет бесполезно испарять воду, не создавая органическое вещество, и стимул усиленного испарения отпадет. Растения кормовые луговой растительной формации предъявляют высокие требования не только к воде, но и к элементам пищи. Обратно, скороспелые растения предъявляют минимальные требования и к пище.

Бедное зольными элементами органическое вещество верхних частей склона в природных условиях на бесструктурных почвах разлагается весьма медленно и не успевает снабжать пищей растения с большой потребностью в воде и в элементах пищи. Таким образом быстрота мобилизации элементов пищи будет находиться в том же положении, как и снабжение водой. Искусственное минеральное удобрение таким растениям на водоразделах может на бесструктурной почве помочь лишь немного. Недостаток воды не позволит растениям быстро усвоить минеральную пищу, и она будет вымыта вниз по склону. И здесь снова встает вопрос о выделении площади абсолютно лесных земель.

Три задачи земледелия. Из сопоставления всего вышесказанного логически неизбежна формулировка трех основных конкретных задач земледелия.



- Кривая урожаев зерновых хлебов.
- Кривая урожаев корнеплодов и технических растений.
- Кривая влажности почвы.

Рис. 134. Схема природных соотношений условий аэробизации и анаэробизации, водного режима и урожаев двух групп культурных однолетних растений на бесструктурной почве по элементам рельефа: I — кривая анаэробизации; II — кривая аэробизации. Борьба с природной тенденцией, к которой приводит паровая система земледелия и которая изображена на чертеже сплошной черной кривой, представляет главную задачу травопольной системы земледелия.

Первая задача — создать комковатую структуру почвы и поддерживать ее в течение всего периода потребления сельскохозяйственными растениями пищи.

Задача поддержания прочной структуры почвы выполняется путем накопления в почве органических остатков и созданием условий образования при их разрушении перегноя. Но непрерывность потребности культурных растений в пище требует существования непрерывного процесса разрушения органических

остатков. В этот процесс разрушения вовлекается и перегной, который служит одним из источников азотного питания. Перегной разрушается, и вместе с ним автоматически разрушается и прочность структуры почвы. Комковатая структура почвы, которая была создана путем обработки, в непродолжительном времени начнет разрушаться дождями, после чего вся масса почвы начнет постепенно сливаться в раздельночастичный горизонт.

Отсюда ясно вытекает и вторая задача земледелия — периодически восстанавливать прочность структуры почвы.

Разрушение прочности комков в правильном севообороте происходит не сразу в один год. Прочность утрачивается постепенно, в течение нескольких вегетационных периодов. Так же постепенно, по мере обработки почвы, происходит и механическое раздробление комков. Распыленная почва, результат разрушения комков, постепенно заполняет промежутки между комками, и почва постепенно утрачивает свои культурные свойства, т. е. условия плодородия. И наконец, когда количество распыленной почвы заполнит все промежутки между сохранившимися комками, вся масса почвы приобретет свойства бесструктурной, несмотря на присутствие в ней еще значительного количества комков.

Это количество пыли, которое поташает все свойства структурной почвы, равно неволосяной скважности комковатой почвы и колеблется от 22 до 25% всего объема почвы.

Придача почве комковатой структуры при возможно малом распылении ее составляет задачу системы обработки почвы. Но всякая почва при производстве урожая, будучи предоставлена самой себе, после обработки и посева неизбежно обречена на утрату комковатой структуры поверхностного горизонта и ее прочности. Поэтому приходится неизбежно повторять обработку ежегодно, а на почвах с плохо выраженной структурой повторять ее даже несколько раз в течение года.

Зато необходимость восстановления прочности структуры почвы встает перед нами через более редкие промежутки времени, и она составляет задачу системы восстановления плодородия почвы или системы земледелия.

Эти задачи и представляют предмет изучения первых двух разделов общего земледелия:

учения о системах восстановления условий плодородия почвы или о системах земледелия и

учения о системах обработки почвы.

И, наконец, третий раздел земледелия — это учение о системе удобрения.

Задача системы удобрения состоит в возобновлении в почве необходимого запаса элементов пищи, так как каждый урожай отчуждает из нее некоторое количество зольной и азотной пищи растений, и в регуляции химических условий плодородия.

Кроме того, ее задача состоит в немедленном переводе вносимых растворимых элементов пищи в форму органического вещества. В противном случае элементы пищи подвергаются опасности быть выщелоченными током капельно-жидкой воды ранней весной и после уборки, в период, когда почва лишена культурной растительности, и ясно, что в задачи системы удобрения входит и задача равномерного перевода пищи растений в удобоусвояемую форму. При этом нельзя забывать, что, кроме высших растений, необходимость питания которых совершенно очевидна, почвы заключают в себе и мириады микроорганизмов, полезная роль которых находится вне сомнения. Мы обязаны также питать и эти микроорганизмы, ибо в противном случае они становятся антагонистами высших растений. При этом нужно помнить, что микроорганизмы все гетеротрофы, т. е. для своего питания требуют органического вещества, и этим устанавливается равнозначность минеральных и органических удобрений.

Излишне доказывать, что элементы экономики и организации производства должны в земледелии стоять на очень видном месте, так как, по существу, главную производственную задачу земледелия составляет подведение технической базы под экономические и организационные моменты сельскохозяйственного

производства, т. е. под государственные плановые задания, которые как закон подлежат точному выполнению.

Ясно также и то, что вторая задача сельскохозяйственного производства, заключающаяся в переработке отходов растениеводства в товарные продукты и в возвращении зольных элементов пищи растений в биологический сельскохозяйственный круговорот, органически связана со всеми задачами земледелия.

Поэтому и вопросы общих оснований создания зеленой кормовой площади, и вопросы ее культуры целиком входят в область земледелия, так как составляют неразрывный и в техническом, и в организационном отношении элемент системы восстановления условий плодородия почвы. Эти же вопросы входят в одинаковой степени с первыми в единый государственный план, включающий задания как по растениеводству, так и по животноводству.

УТРАТА ПОЧВОЙ УСЛОВИЙ ПЛОДОРОДИЯ И СИСТЕМА ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Пищевой и водный режим бесструктурных почв. — Связность и прочность почвы. — Производственное значение связности. — Причины прочности почвы. — Свойства коллоидально-измельченных веществ. — Механические причины утраты прочности почвы. — Физико-химические причины утраты прочности почвы. — Нормальная глубина основной вспашки. — Биологические причины утраты прочности.

Предыдущая глава была посвящена доказательству производственной значимости комковатой структуры. Важное производственное значение комковатой структуры определяет новое *производственное* свойство структурных элементов почвы. Это почвое свойство носит название *прочности* структуры, под которым разумеется трудность размыва структурных элементов водой. Значимость этого свойства станет совершенно очевидной по следующим соображениям.

Пищевой и водный режим бесструктурных почв. Прежде всего следует иметь в виду, что единственный источник содержания воды в почве — атмосферные осадки. В задачу земледельца входит пропустить все осадки атмосферы в массу почвы. Отсюда ясно, что все количество годовых атмосферных осадков должно проникнуть через поверхность почвы. Ясно, что если структура почвы непрочная, если верхние комки от первых порций дождя расплывутся в грязь и эта грязь будет занесена струей воды в промежутки между нижележащими комками, то такая почва сразу перейдет в разряд раздельночастичных со всеми вытекающими последствиями.

Даже в том случае, если только часть неволосных промежутков всего поверхностного слоя почвы заполнена распыленной почвой, то и в этом случае вся масса почвы приобретает основное свойство раздельночастичной почвы, переход всех элементов пищи в неусвояемое растениями восстановленное состояние. В такой почве господствует волосное передвижение воды, и до тех пор пока в массе почвы содержится хотя бы небольшое количество волосной воды, последняя под влиянием непрерывного испарения поверхностью почвы устремляется к поверхности. В этом состоянии, т. е. до полного высыхания почвы, все волосные промежутки верхнего слоя заполнены водой. Создадутся условия так называемых *жаменовских трубок*, т. е. неволосные промежутки почвы содержат оставшийся в почве воздух, но воздух разъединен массой волосной воды, заключающейся в волосных промежутках. В этих условиях никаким давлением нельзя продуть такую трубку до тех пор, пока не освободятся от воды волосные промежутки, разъединяющие пузырьки воздуха. И следовательно, пока почва не высохнет совершенно, воздух, содержащийся в ней, совершенно изолирован от атмосферы.

Ясно, что аэробный процесс в почве быстро использует весь кислород замкнутого почвенного воздуха, заменив его таким же объемом углекислоты. И в создавшейся анаэробной обстановке будет протекать характерное для анаэробного разложения восстановление всех окисленных соединений, способных отщепить весь кислород или часть его. Все элементы пищи растений перейдут в неусвояемые формы, и в случае, если такое состояние частыми, даже несильными, дождями

поддерживается долго (например, две — три декады), то несмотря на присутствие в почве воды, растения погибнут от голода, т. е. установятся типичные условия бесструктурной почвы, антагонизм воды и пищи.

Это объясняет, почему на бесструктурной почве при слишком частом выпадении весной дождей растения *выпревают*, т. е. погибают от абсолютного отсутствия пищи. Сказанное сильнее всего подчеркивает производственное значение структуры почвы.

Связность и прочность почвы. Очень часто свойство *прочности* почвы, т. е. ее неразрываемость водой, смешивают с *сопротивлением комков почвы раздавливанию* или со свойством, которое носит название связности и которое представляет способность почвы сопротивляться силам, стремящимся механически разделить слагающие комков частички. Это свойство в физике называется *сцеплением* и на производственном языке носит название *связности*.

Последняя представляет свойство огромной производственной важности, и она неразрывно связана с прочностью почвы. *Почва структурная, комковатая в массе совершенно не обладает связностью*, хотя каждый комок структурной почвы может обладать связностью в высшей степени ее выражения, вследствие того, что он сильно уплотнен давлением корневой системы. Насколько сильно влияние *уплотнения и влажности* на величину связности, показывает опыт проф. А. А. Фадеева:

Влажность почвы (в весовых процентах)	Связность почвы (в г на 1 кв. см)	
	Неуплотненной	Уплотненной
3,5	2 400	12 000
1,5	4 250	44 000

Но вся масса почвы, состоящая из отдельных комков, никакой связностью не обладает, так как сцепление, *причина связности*, проявляется только при очень тесном соприкосновении. Даже волосные промежутки, разделяющие комки в местах их соприкосновения, слишком широки для выявления сцепления. *Масса почвы обладает связностью только в случае раздельночастичного состояния*. Все частички тогда под влиянием веса и воды пришли в ближайшее соприкосновение.

Производственное значение связности. Эти факты имеют огромное производственное значение. При вспашке на нормальную глубину — 20 см — необходимо всю массу почвы одного гектара приподнять на высоту отвала, т. е. на 40 см, и сдвинуть вправо тоже на 40 см. Для этого мы должны затратить следующее количество работы. Вес одного гектара почвы на 20 см глубины равен в среднем 3 000 000 кг. Этот вес почвы необходимо приподнять на 40 см и сдвинуть вправо на 40 см, т. е. мы должны передвинуть его на 0,8 м, что потребует затраты $3\,000\,000 \times 0,8$ кгм работы, что равно 2 400 000 кгм. Перед этой величиной небольшое усилие, затрачиваемое на скручивание пласта при вспашке, представляет исчезающе малую величину.

При вспашке раздельночастичной почвы необходимо, во-первых, преодолеть тот же вес почвы, во-вторых, необходимо преодолеть сопротивление почвы для откалывания пласта снизу лемехом и в вертикальном направлении ножом и, в-третьих, необходимо преодолеть огромное сопротивление самого пласта на скручивание, так как частички почвы все проявляют сцепление. С какими величинами мы имеем здесь дело, видно из опыта проф. А. А. Фадеева:

Влажность почвы (в весовых процентах)	Связность почвы (в г на 1 кв. см)			
	Размеры комков почвы		Раздельночастичная почва	
	2—1 мм	1—0,5 мм	природная	уплотненная
3,5	670	1 115	2 400	12 000
1,5	700	1 880	4 250	44 000

В среднем сопротивление на скалывание в бесструктурной почве при вспашке на 20 см вчетверо больше сопротивления на преодоление веса почвы, т. е. сумма работы, которую в среднем необходимо затратить на вспашку бесструктурной почвы, равна $2\,400\,000 + 9\,600\,000$, т. е. 12 000 000 кгм работы.

Опыт показывает, что при вполне раздельночастичной почве, какая встре-

чается, например, в черноземных солонцах, сопротивление ее на скалывание может увеличиться не вчетверо, а в десять раз, т. е. усилие, необходимое для вспашки солонца, равно $2\ 400\ 000 + 24\ 000\ 000 = 26\ 400\ 000$ кгм работы и достигает таких размеров, на которые не рассчитаны ни тракторы, ни орудия обработки. Это объясняет неизбежность аварий плугов, прицепных приспособлений или даже тракторов при попытке пахать сухие солонцы.

Приведенные данные ярко иллюстрируют производственное значение прочности структуры почвы, от которой зависят как величина и устойчивость урожайности, так и производительность труда, затрачиваемого на получение этого урожая. Ясно, что изучение причины прочности представляется очень важным.

Причины прочности почвы. Первый, задумавшийся над причиной прочности почвы, был французский ученый Т. Шлезинг-отец. Он сначала приписал прочность почвы действию карбоната извести, предполагая, что карбонат извести под влиянием атмосферной воды, содержащей в растворе угольную кислоту, переходит в бикарбонат извести, пропитывает комки и при высыхании вновь обращается в карбонат, цементирующий частички почвы комка. Проведенные им опыты показали, что хотя такая цементация и возможна, но она прочностью не обладает, потому что атмосферная вода всегда содержит угольную кислоту и вновь растворяет цемент.

Отказавшись от первого предположения, тот же Шлезинг стал делать опыты, чтобы выяснить, не играет ли роль цемента трехосновная фосфорнокальциевая соль. Но опыты показали, что трехосновная фосфорнокальциевая соль как цемент еще легче растворяется атмосферной водой.

После ряда опытов Шлезинг пришел к окончательному заключению, что причина прочности структуры почвы — коллоидальный перегной в каком-то соотношении с кальцием.

После Шлезинга вопросами систематического изучения причины прочности почвы занялся проф. Петровской сельскохозяйственной академии А. А. Фадеев при участии в конце опытов своего ассистента В. Р. Вильямса. Эти опыты твердо установили тот факт, что перегной, который, несомненно, представляет причину прочности почвы, может находиться в двух состояниях, деятельном и недейтельном, причем деятельное состояние перегноя определялось какими-то отношениями перегнойных кислот к многовалентным металлам — кальцию, магнию, железу.

Из этих опытов был сделан неправильный вывод, что деятельный перегной определяется солями гуминовой кислоты с кальцием, магнием и железом.

Неправильность этого вывода станет ясной из короткого описания постановки опытов. Материалом, из которого приготавливались структурные отдельности, служили разные фракции механических элементов почвы. Для опытов брались пылеватый песок (0,05—0,01 мм), пыль крупная (0,01—0,005 мм), пыль тонкая (0,005—0,001 мм) и ил (<0,001 мм). Эти механические элементы (из гжельской глины) совсем не содержали органического вещества. «Гуминовая кислота» приготавлилась следующим путем. Северная черноземная почва (б. Ефремовского уезда Тульской губ.) промывалась слабой соляной кислотой и водой до прекращения реакции на хлор. После этого чернозем обрабатывался однопроцентным раствором аммиака. После отстаивания и фильтрации черной жидкости через свечу Нордмайера полученный черный раствор считался аммиачной солью гуминовой кислоты. Этим черным раствором пропитывались упомянутые механические элементы. Часть пропитанных элементов просушивалась и зернилась в комки крупностью от 3 до 2 мм. Другая часть пропитанных «гуминовоаммиачной» солью механических элементов, обрабатывалась в сухом состоянии однопроцентной соляной кислотой и однопроцентными растворами хлористого кальция, хлористого магния и хлорного железа. После отмывания водой следов хлора эти смеси высушивались при температуре не выше 60° и зернились на такие же комки. Предполагалось, что эти комки сцементированы гуминово-кальциевой, гуминово-магниевой, гуминово-железной солями и «гуминовой кислотой». После

испытания на приборах для определения прочности почвы оказалось, что совсем не обладают прочностью, т. е. мгновенно распыляются в воде, комки, цементированные «гуминовой кислотой» и гуминовоаммиачной солью. Комки же, цементированные солями гуминовой кислоты кальция, магния и железа, отличались прочностью. При этом наиболее прочными были комки, цементированные железной солью, затем следовали комки, цементированные гуминовокальциевой солью, и наименьшей прочностью, мало отличавшейся от прочности комков, цементированных гуминовой кислотой, обладали комки, цементированные магниальной солью.

Эти опыты послужили основанием для неправильного заключения, что прочность комков в природных почвах определяется гуминовокальциевой солью. Другого вывода по современному тогда состоянию науки и нельзя было сделать.

Количество гуминовокальциевой соли, достаточное для придания почве значительной прочности, было определено приблизительно в 0,1%, что находилось в согласии с первоначальными выводами Шлезинга. Попутно из тех же опытов получился очень важный вывод.

Оказалось, что механические элементы почвы крупнее 0,001 мм совсем не обладают связностью. Шарики или призмы, сформованные во влажном состоянии из всех групп механических элементов, кроме ила ($< 0,001$ мм), по высыхании или рассыпаются сами по себе, или от малейшего прикосновения. И только достигнув крупности 0,001 мм, сразу, скачком, приобретают связность в ее максимальном выражении.

Дальнейшие опыты проф. А. Н. Сабанина показали, что связность механических элементов не зависит от состава их, а определяется только степенью их измельчения. В одном из своих опытов Сабанин показал, что если взять чистый горный хрусталь (кристаллический кварц) и измельчать его путем накаливания докрасна и быстрого охлаждения в ледяной воде и если полученный порошок разделить на механические элементы и из последних во влажном состоянии скатать шарики, то шарик, скатанный из частиц в 0,001 мм, обладает настолько большой связностью, что его можно бросать и мять в руках, не рискуя раздавить. Разбить его можно было только ударом молотка.

Свойства коллоидально-измельченных веществ. При настоящем состоянии наших знаний мы уже не объясняем прочности перегноя образованием его солей с двухвалентными металлами, а считаем кальций в таком перегное «поглощенным». Существует много гипотез, пытающихся объяснить поглощенное состояние так называемых обменных катионов, но ни одна из этих гипотез не проливает свет на причины этого процесса. Мы можем пока только описывать данный процесс. Процесс поглощения присущ всякому веществу в состоянии коллоидальной, или вообще мелкой измельченности. Он уже начинает выявляться, хотя и в слабой степени, в сравнительно грубых порошках, например в иле, и в особенно яркой форме выражен, когда тело достигает коллоидального измельчения, т. е. когда размер его частичек измеряется миллионными долями миллиметра. Не нужно смешивать понятий о частице (молекуле) и коллоидальной частичке, которая носит название гранулы. Всякая гранула состоит большей частью из огромного количества частиц. Минимальное количество частиц, входящих в состав гранулы, принимается за восемь, если представить себе гранулу как кубик. Гранула всякого коллоидально измельченного тела, как и все элементы земной поверхности, несет отрицательный заряд. Величина этого заряда неясна. Также неясна и причина отрицательного заряда. Можно только констатировать факт, что если взять массу, содержащую то или иное количество коллоидально измельченного вещества, и через эту массу пропускать очень слабый раствор какой-либо соли, то положительно заряженные катионы соли удерживаются на поверхности отрицательно заряженных гранул, а анионы остаются в свободном состоянии в так называемой *интермицеллярной* жидкости. Комплекс, состоящий из гранулы коллоида, поглощенных ее поверхностью катионов и окружающей жидкости, в которой распределяются свободные анионы, принимается за единицу коллоида, так называемую *мицеллу*.

Если представить, что в поглощенном состоянии на поверхности гранулы находятся одновалентный катион, и через такую среду пропускать слабый раствор соли двухвалентного металла, то двухвалентные катионы вытеснят стехиометрически соответствующее количество одновалентных катионов, и вытесненные одновалентные катионы вновь образуют соли с анионами интермицеллярной жидкости. На основании этого процесса поглощенные катионы и носят название *обменных оснований*.

Наблюдение показывает, что в случае одновалентности поглощенного катиона гранулы коллоида приобретают свойство равномерно рассеиваться во всей массе воды, с которой они соприкасаются, образовывать так называемый *коллоидальный раствор*. В том же случае, если поглощенные катионы двухвалентны, гранулы коллоида этим свойством не обладают.

Эти два состояния коллоидально измельченного тела носят в общежитии название клея в первом случае, цемента — во втором. Если такой коллоидальный раствор клея высушить между двумя близко соприкасающимися телами, клей крепко склеивает их, но как только склеенные тела попадут в воду, гранулы клея начнут распределяться во всей массе воды, образуя коллоидальный раствор, и тела «расклеятся». Если же между двумя предметами нанести слой влажного цемента и предметы крепко сжать, то после высыхания цемента гранулы его не будут рассеиваться в *перегнанной* воде, и цементированные предметы в перегнанной воде останутся такими же. Но как только они попадут в раствор солей одновалентных металлов, катионы последних вытеснят двухвалентные обменные основания, поглощенные цементом, и он вновь обратится в клей с его недостатками.

Перегной в почве, перешедший в денатурированную форму, представляет коллоидально-измельченное тело. Если перегной содержит в поглощенном состоянии двухвалентный катион, то он находится в состоянии цемента, т. е. он будет обуславливать прочность цементированных им частиц почвы. Если же в поглощенном состоянии перегной содержит одновалентный катион, то такой перегной не в состоянии обусловить прочность структуры, и комок, склеенный таким перегноем, расплывается в воде.

Процессы поглощения обменных катионов почв, несмотря на то, что они известны уже почти столетие, и несмотря на массу работ с поглотительной способностью почвы, до сих пор еще изучены крайне недостаточно. Более или менее освещено исследованием поглощение кальция и натрия, и то только в смысле описанного процесса. До сих пор еще не выяснено значение поглощенного водорода в его отношениях к поглощенному алюминию. Совершенно не ясно еще значение поглощенного магния, калия и лития. И совершенно не затронуты исследованием поглощение многовалентных катионов (железо, марганец, медь, мышьяк и др.). Так что приходится констатировать, что такое производственно важное свойство, определяющее условия плодородия почвы, до сих пор остается совсем теоретически не освещенным.

То же приходится констатировать по отношению к причинам утраты почвой ее прочности и структурности. В производстве отмечены два процесса. Во-первых, то, что всякая почва с поверхности, независимо от степени своей структурности весной, утрачивает к концу вегетационного периода в полной мере как структурность, так и прочность. Во-вторых, отмечается, что в среднем через шесть-семь лет непрерывной культуры однолетних растений процесс утраты структуры и прочности охватывает весь пахотный слой.

Отличают три группы причин, приводящих к утрате почвой структурности и прочности.

Механические причины утраты прочности почвы. К первой группе относятся причины механические. Нельзя представить производственное использование почвы, не связанное с передвижением по поверхности почвы тяжестей, как и почву, не подвергающуюся воздействию трущихся о нее рабочих частей орудий. По полю движутся тракторы, рабочие животные, люди, передвигаются порожние и груженные повозки с урожаем, навозом и пр. Обработка почвы

уже самыми совершенными орудиями неразрывно связывается с разрушением комков вследствие трения под влиянием связности почвы и веса пласта.

Совершенно ясно, что воздействие всякой тяжести на массу почвы погашается связностью раздавленных комков. Очевидно, что на некоторой глубине воздействие тяжести затухнет. Производство отмечает, что даже самые тяжелые машины разрушают структуру почвы, раздавливая комки на среднюю глубину, не больше 10 см. Очень часто возникает вопрос о том, что такие тяжелые машины, как тракторы, особенно гусеничные, сильнее разрушают структуру почвы, чем живые двигатели, лошади, волю. Прямые определения в производственном масштабе показывают, что сплошная конная обработка разрушает структуру почвы вдвое больше, чем сплошная тракторизация всех приемов обработки, даже при применении колесных тракторов.



Рис. 135. Уборка комбайном, применявшаяся в США в конной упряжке. Усиленное разрушение структуры почвы по сравнению с трактором.

Тот факт, что разрушение структуры почвы живыми двигателями не бросается в глаза, объясняется простым равномерным распределением по полю давления копыт лошадей, волов и др., тогда как разрушительное действие колес тракторов сосредоточено в их колее.

Это сосредоточение вреда в форме полос скорее можно рассматривать как преимущество тракторизации, так как в этом случае можно принять меры к устранению вреда и этот вопрос можно считать уже практически разрешенным.

Что же касается гусеничных тракторов, то их вред может выявиться в более сильной степени только в случае буксования трактора, наблюдаемого при перегрузке трактора или при слишком влажной почве. Следовательно, с этим процессом можно бороться в порядке предупреждения.

Что же касается вообще давления гусеничного трактора на единицу поверхности поля, то оно меньше давления ноги человека, и даже тяжелый 60-сильный трактор проходит по такому болоту, в котором человек вязнет.

Несмотря, однако, на решающее значение тракторов и комбайнов в деле реконструкции социалистического сельского хозяйства, все же в перспективе можно думать, что работа передвижения почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин и повозок, развозящих навоз, будет производиться, несомненно, совершеннее, путем тросовой передачи тяговых усилий, причем лебедки будут передвигаться независимо от способа их движения по обочинам полей,

а по поверхности полей будет передвигаться только рабочая машина. В этом заключается огромное преимущество электрификации сельского хозяйства.

Значительно меньший вред тракторной обработки, по сравнению с обработкой живыми двигателями, ни в какой мере не снимает необходимости по возможности уменьшить механическое разрушение структуры. При раздавливании комка перегной, которым был сцементирован комок, освобождается в форме отдельных тончайших пленок, а отчасти остается на отдельных механических элементах разрушенного комка. Переведение этих пленок перегной в состояние, способное вновь сцементировать комок, требует продолжительного времени. Отдельные же пленки этого перегной будут распределены по массе почвы в виде очень редкого рассеяния, так как масса перегной, склеивающая комок, представляет только одну сотую часть процента всего веса почвы. Следовательно, учитывая даже разницу удельного веса минеральной части почвы и перегной, наличие будет очень редкое рассеяние. Перегнойные пленки войдут в разряд недействительного перегной.

Мы отличаем деятельный перегной от недействительного. Первый представляет продукт синтеза анаэробных бактерий, выделяющийся в молекулярно-растворимой форме и после пропитывания комка переходящий в форму денатурированную, в коллоид. Его огромное преимущество состоит в тончайшем и повсеместном распределении по почве.

Наряду с этим в состав почвенного перегной входят и продукты гидролиза органических веществ под энзиматическим действием синтетического перегной.

Недействительный перегной почвы по происхождению принадлежит к той группе тел, которые в физиологии называются лизатами (продуктом гидролиза). И, как показывает аналогия с животными организмами, с получением искусственных перегнойных веществ путем гидролиза растворимых углеводов и белков кипячением в воде, а также прямое микроскопическое наблюдение почвы, гидролитический перегной получается в форме аморфных сгустков. В форме таких же аморфных сгустков получают и обломки механически разрушенного деятельного перегной. И вопрос переведения его в состояние деятельного перегной нельзя еще считать решенным. Таким образом не следует забывать, что, разрушая механически структуру почвы, мы переводим часть деятельного перегной в состояние недействительного перегной, восстановить свойства которого мы еще не умеем.

Физико-химические причины утраты прочности почвы. Вторая группа причин утраты почвой структуры носит физико-химический характер.

Все атмосферные осадки: дождь, снег, роса, иней, заключают в растворе не меньше трех аммиачных солей: азотноаммиачную, углеаммиачную и искусственно-перегнойноаммиачную.

В атмосфере непрерывно происходит переход свободного молекулярного азота в соединения с водородом и кислородом. Непрерывно образуются аммиак и азотная кислота. Причины образования этих соединений еще не совсем выяснены. Некоторые количества их образуются под влиянием так называемого тихого разряда атмосферного электричества, и количество соединений азота сильно возрастает при грозовых разрядах. Как на вторую причину образования соединений азота в воздухе, указывают на ультрафиолетовые лучи, которые в небольшом количестве проникают через так называемый озоновый экран.

Под влиянием этих двух причин образуются соединения азота с водородом, аммиак, и соединения азота с кислородом, окислы азота, которые в присутствии водяного пара образуют азотную кислоту. Аммиак частью соединяется с углекислотой воздуха, образуя углеаммиачную соль, частью нейтрализует азотную кислоту, образуя азотноаммиачную соль. Третье соединение, искусственно-перегнойноаммиачная соль, образуется при сжигании органического вещества. Во время неполного сгорания образуются аммиак и искусственно-перегнойная кислота, которая, соединяясь с аммиаком, образует с ним соль.

Так или иначе, но эти три соли всегда имеются в атмосфере в очень малых количествах. И ясно, что всякие атмосферные осадки растворяют эти соли и вносят их в почву.

Вследствие чрезвычайно слабой концентрации растворов этих солей, они находятся в состоянии полной ионизации. Проникая через поверхностный слой почвы, катион аммония неизбежно вытесняет катион кальция, поглощенный перегноем, и становится на его место.

Наблюдения в производстве указывают, что, независимо от степени прочности перегноя в поверхностных слоях почвы в начале вегетационного периода, этот поверхностный слой полностью утрачивает к концу вегетационного периода прочность структуры на глубину в среднем до 10 см.

Поверхностный слой всякой почвы, лишаясь прочной комковатой структуры под влиянием дождей, переходит в состояние раздельночастичное.

Такое же производственное наблюдение установило, что слой почвы ниже 10 см восстанавливает как комковатую структуру, так и ее прочность. Процесс вполне понятный.

Структуру нижний горизонт пахотного слоя приобретает под воздействием корневой системы культурного растения. Прочность же представляет результат вытеснения из перегноя поглощенного катиона аммония притекающим из верхнего горизонта катионом кальция.

Нормальная глубина основной вспашки. Описанный процесс лежит в основании признания во всех странах культурного земледелия нормальной глубиной основной вспашки 20 см.

Совершенно очевидно, что если верхние 10 см пахотного слоя лишаются прочности, то всякая обработка в пределах этих 10 см представляется совершенно бесцельной, потому что после первого дождя верхний слой лишается приданной ему вспашкой структуры и возвращается в свое первоначальное раздельночастичное состояние. Углубление пахотного слоя на 2—3 см никакого значения не имеет, потому что прочные комки этого слоя в 2—3 см будут разбавлены огромным количеством бесструктурной почвы верхних 10 см. Они будут погребены в бесструктурной массе почвы. Поэтому к нормальной культурной вспашке предъявляется требование снять верхние 10 см почвы, сбросить их на дно борозды и вывернуть на поверхность слой прочнокомковатой почвы нижнего горизонта, не смешивая его с верхним бесструктурным горизонтом. Очевидно, что толщина выворачиваемого горизонта должна равняться также 10 см.

Биологические причины утраты прочности. Третья группа причин неизбежной утраты почвой прочности структуры имеет биологические основания.

Все культурные растения предъявляют к элементам своей пищи безусловное требование, чтобы они находились в форме окисленных минеральных соединений. Ради удовлетворения этого требования мы поддерживаем в почве условия аэробнозиса, так как при наступлении условий анаэробнозиса многие элементы пищи переходят в формы восстановленные. Это доказано для серы и для фосфора, которые доступны растениям в форме окисных сернокислых и фосфорнокислых солей и под влиянием анаэробнозиса очень быстро обращаются в сернистые или фосфористые соединения или закисные соли серной и фосфорной кислот. Те и другие восстановленные соединения совершенно не усваиваются культурными растениями, и при длительном преобладании анаэробнозиса культурные растения погибают от серного и фосфорного голода.

Те же условия аэробнозиса поддерживаются и при так называемых пропашных культурах. Задача культуры этих растений — непрерывное поддержание условий аэробнозиса в почве. В условиях аэробнозиса все органические вещества почвы подвержены непрерывному полному разрушению. Насколько быстро происходит это разрушение, видно из того факта, что через две декады после уборки однолетних культурных растений в массе почвы не находят остатков даже крупных корней.

Перегной тоже представляет органическое вещество, и очевидно, что он также будет разрушаться аэробным путем. При этом нужно помнить, что деятельный перегной представляет тончайшую пленку, облегающую все механические элементы почвы, и, находясь в состоянии коллоидального измельчения, он поставлен в наилучшие условия аэробного разложения. Разложение деятельного перегноя

облегчается еще и тем, что деятельный перегной в главной своей массе представляет продукт синтеза анаэробных бактерий и, следовательно, легко разрушается аэробами как организмами, противоположными по биологической природе.

В предыдущих двух группах причин разрушения структуры мы имели дело с лишением перегноя его цементирующих свойств, которые так или иначе мы могли восстановить. Последняя же биологическая причина не только приводит к разрушению свойств, обуславливающих прочность перегноя, но разрушает и самый перегной. Почва, лишенная перегноя, утрачивает свойства культурной почвы, т. е. прочнокомковатую структуру.

Не менее очевидно, что этому должна быть противопоставлена система искусственного возобновления в почве запаса перегноя или восстановления и поддержания условий эффективного плодородия почвы.

Такая система носит название системы земледелия, и нужно помнить, что это система агротехническая. Было бы грубой ошибкой смешивать систему земледелия с системой хозяйства, как это часто делается, так как понятие о системе хозяйства чисто экономическое, утратившее всякое значение в социалистическом государстве, в котором применима единственная система производства и хозяйства, плановая, социалистическая.

ПРИМИТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Переложная система земледелия. — Паровая система земледелия. — Навозное скотоводство. — Кочевое скотоводство. — Орошение бесструктурных почв. — Вторичные солончаки. — Сухое земледелие. — Теоретические объяснения падения плодородия почвы. — Плодопеременная система земледелия. — Ошибки теории плодосмена. — Теория полного возврата. — Сидеральная система земледелия.

С самых ранних периодов культуры растений человечество сразу столкнулось с процессом утраты почвой условий ее плодородия. Это было неизбежно.

Переложная система земледелия. Первый, достигший широкого распространения способ борьбы с последствиями этого процесса отличался чрезвычайной простотой. Почву, отказавшуюся давать урожай, просто перестали обрабатывать и принимались за обработку новых участков целины, которые раньше не обрабатывались.

Понятие о целине представляется совершенно условным, и его следует понимать как участок, не обрабатывавшийся на памяти у современного поколения. Но если припомнить, что возраст человечества измеряется тысячелетиями и человек всегда питался продуктами почвы, то трудно себе представить хотя бы небольшой участок земли, который не подвергался хотя бы самому примитивному производственному воздействию человека. Это производственное воздействие должно быть причислено равнозначным к природным факторам почвообразования. Новейшие открытия археологических раскопок, часто случайных, в таких областях Восточной Сибири, которые считались до сих пор никогда не заселявшимися, открывают остатки культуры народов, о которых даже не сохранились ни легенды, ни воспоминания.

Система, при которой в обработку поступали участки, считавшиеся целиной, назывались *залежной системой земледелия*.

Применение залежной системы стало, однако, скоро неосуществимым вследствие простой ограниченности поверхности земли. Поэтому, когда последние запасы залежных земель были исчерпаны, пришлось обратиться к таким угодьям, которые когда-то раньше, на памяти у живых людей, использовались для культуры, но были заброшены, как утратившие условия плодородия. За время перерыва культуры условия плодородия таких участков вполне восстановились. Такие участки *«отдохнули»* и покрылись природным покровом дикой травянистой или деревянистой растительности, или комбинацией той и другой растительных формаций в их природной последовательности. После новой распахки «отдохнувшие» участки давали урожай, не отличавшиеся по своей величине и качеству от урожаев по «целине».

Таким образом залежная система борьбы с утратой почвой условий плодородия естественно эволюционировала в *переложную систему* восстановления условий плодородия почвы. В настоящее время строгого различия между залежной и переложной системами земледелия не сохранилось. Очень скоро выяснилось, что чем *дольше почва пребывала в состоянии перелога, тем полнее восстанавливались утраченные условия плодородия и тем ближе оказывалась растительность таких участков по своему составу к флоре целинных степей или лесов.*

Так же как и в случае залежной системы и под влиянием той же ограниченности земной поверхности, с одной стороны, и растущей численности населения — с другой, при переложной системе пришлось все чаще повторно возвращаться к одним и тем же раньше использованным участкам. Период «отдыха» почвы с течением времени все более сокращался.

При этом выяснилась зависимость величины срока использования почвы под культурой от продолжительности срока пребывания ее в перелог. Первоначально, при распашке «целины» или «перелога», покрывшегося растительностью, не отличавшейся от флоры целины, срок культурного периода обыкновенно продолжался 6—7 лет, но с сокращением периода перелога сокращался и срок культурного использования почвы.

Утрата условий плодородия почвы выражалась прежде всего в том, что урожаи культурных растений прогрессивно падали. Вместе с тем ухудшалось качество зерна и увеличивалась засоренность урожая. Зерно, во-первых, становилось мельче, и содержание азота, а следовательно, и белков в нем падало, и, во-вторых, в общей массе зерна увеличивалось содержание как щуплых, морщинных, недоразвившихся зерен, так и семян сорняков.

В течение использования почвы путем залежной и переложной культуры по мере сокращения продолжительности пребывания почвы в перелог должен был сменяться и состав культивируемых хлебов. В начале периода культуры хорошие урожаи получались от высокоценных *твердых или красных хлебов*. Можно было сеять яровые твердые пшеницы (*Triticum durum* L.), в которых содержание азота доходило в первый год до 23%, а в последующие снижалось до 21%, и постепенно утрачивалась их стекловидность. Сеялось и червонное, и блянижевое («оренбургское») просо с крупным желтым зерном. В дальнейшем приходилось переходить на *мягкие хлеба* — озимые и яровые мягкие пшеницы (*Triticum vulgare* L.), наконец, на *серые хлеба*, озимую рожь, овес, многорядные ячмени и красное просо («тамбовское», «рязанское»), с мелким белым зерном.

Вместе с тем все больше развивалась засоренность полей, которая достигала таких размеров, что под конец периода культуры урожай больше чем на половину состоял из семян сорняков, преимущественно овсяга (*Avena fatua* L.).

Паровая система земледелия. По мере сокращения срока перелога не только уменьшилась продолжительность культурного периода, но выбор числа культурных растений систематически сокращался вследствие выпадения возможности культуры целых групп растений, которые переставали давать сколько-нибудь удовлетворительный урожай. Прежде всего выпадали твердые хлеба, за ними последовали мягкие и остались только серые, рожь, овес и многорядные ячмени. Сокращаясь все больше и больше, срок перелога достиг, наконец, своего минимума. Этот минимум в зависимости от природных качеств почвы определялся или одним, или двумя годами. Переложная система естественно эволюционировала, выродилась в паровую систему восстановления условий плодородия почвы, или паровую систему земледелия.

Одновременно с сокращением продолжительности перелога сократился и период культуры, и получились типичные севообороты:

трехпольный — 1) пар, 2) рожь, 3) овес и

двухпольный — 1) пар, 2) кукуруза (Америка, Кавказ); или даже такие:

1) пар, 2) пар, 3) рожь;

1) пар, 2) пар, 3) овес или ячмень (Германия, Франция в начале прошлого столетия) или

1) пар, 2) хлопок, 3) пар, 4) кукуруза (Америка).

Причина утраты условий плодородия почвы в паровой системе земледелия вполне правильно усматривается в разрушении перегной почвы, хотя большей частью значимость этой причины количественно недооценивается.

Но способы восстановления запаса перегноя в почве при паровой системе покоятся на неправильном основании. Способы восстановления запаса перегноя в почве можно подразделить на две группы,

К первой группе относятся стремления переделать путем обработки почвы оставшийся в ней недействительный перегной в деятельный. Во второй группе паровая система стремится возобновить запас перегноя в почве или внесением его извне, или внесением в почву путем заделки неперепревшего органического вещества, при перегнивании которого в почве образуется перегной.

Первый принцип, распространенный преимущественно в черноземных областях, заключающийся в стремлении переработать остатки перегноя из недействительного состояния в деятельный перегной, неосуществим по следующим двум основаниям. Способностью отлагать в почве перегной обладают только анаэробные бактерии. Аэробные бактерии могут быть причиной лишь ничтожного накопления гумина внутри комков почвы. При обработке почвы создаются яркие условия аэриозиса, которые в паровом поле, где осуществляется борьба за восстановление утраченных условий плодородия почвы, поддерживаются неоднократно летней обработкой почвы. В этих условиях не может быть и речи о накоплении перегноя, а только об усиленном его разложении. Сказанное иллюстрируется огромным накоплением в пару нитратов, продуктов распада азотистых веществ до полной минерализации.

Существует ярко проявляющийся биологический закон, по которому ни одна биологическая группа не может использовать в качестве источника пищи или источника энергии своих экскрементов, или выделений. Такое использование возможно только биологической группой, диаметрально противоположного типа. Например, растения используют углекислоту, которая для животных представляет являющийся яд. Совершенно так же деятельный перегной, представляющий продукт синтеза анаэробных бактерий, не может быть вновь переработан анаэробными бактериями.

Анаэробные бактерии могли бы накопить новые количества перегноя только в том случае, если бы в почве находилось достаточное количество неразрушенных органических остатков, которые могли бы им служить источником пищи и энергии. В выпаханном черноземе обыкновенно содержание органических остатков очень невелико. Но даже если бы в черноземе содержалось достаточное количество органических остатков, все-таки прочного перегноя образоваться не могло бы, так как прочность создается поглощенным катионом кальция. А именно таких соединений, из которых мог бы выделиться катион кальция, в выпаханном черноземе очень мало.

При второй группе приемов целью была попытка накопления перегноя внесением навоза, заделкой зеленых удобрений, хлопкового жмыха и т. п. Ясно, что такой путь неверен. Для того чтобы внести эти вещества в почву, нужно их запахать, а цель вспашки — разрыхлить почву, создать аэробные условия, при которых органическое вещество и перегной разрушаются. После вспашки в течение лета разрушается 0,1% перегноя по отношению к весу почвы. Если в среднем принять вес пахотного горизонта в 20 см глубины на площади 1 га равным 3 млн. кг, то 0,1% будет равняться 3 т на гектар. Значит, в течение лета в почве разложится в среднем 3 т перегноя. А навоза вносится максимум 40 т, зеленого удобрения до 100 т и жмыха не больше 2 т. И ведь вносится при этом не перегной, а органическое вещество, при разложении которого в лучших условиях может образоваться не больше 0,5% перегноя. Другими словами, из внесенных веществ могло бы образоваться соответственно 0,2; 0,5 и 0,01 т перегноя, или 2 ц, 5 ц и 10 кг. Поэтому уже через две декады после заделки в почву от органического вещества ничего, кроме золы, в почве не остается. Таким образом получалось, что для того, чтобы сохранить перегной, его предлагали поместить в условия наискорейшего разложения.

Иногда указывают, что перегной накапливается при внесении навоза в хмельниках и конопляниках. Но при этом забывают, что при закладке этих плантаций вносят до 1 300 т навоза, а дальше периодически, через 2—3 года, вносят еще до 80 т навоза или торфа. При таких колоссальных количествах органического вещества в пахотном горизонте осуществляется принцип Пастера — Виноградского: верхний слой почвы, насыщенный органическим веществом, поглощает

весь кислород, который стремится проникнуть в почву, и в ее массе господствуют условия анаэробнозиса.

Эти условия не могут осуществиться при культуре обычных полевых растений, при которой как максимум вносится до 40 т навоза, который никак не может создать защитного горизонта.

При внесении навоза, несомненно, все-таки имеет место некоторое накопление в почве перегноя. Этот процесс зависит от неравномерности смешивания навоза с почвой. Навоз вносится в форме отдельных клочков. Каждый клочок с поверхности разлагается аэробно, и поэтому центральные части клочка могут разлагаться анаэробным путем. Но насколько образовавшийся перегной не имеет производственного значения, видно из того, что он совершенно не обладает прочностью. При разложении навоза в ярком преобладании образуются аммиачные соли, и перегной содержит поглощенный аммоний. Процесс образования перегноя при разложении навоза служит основанием последствия навоза. По общей схеме при анаэробном разложении органического вещества сохраняется около половины неразрушенных остатков. Когда на следующий год они равномерно перемешиваются с почвой, начинается их аэробное разложение, и элементы пищи растений освобождаются в усвояемых формах. Сказанное подтверждается тем, что после заправки навоза фрезерной машиной последствия навоза не наблюдаются, и через две декады после фрезерной заделки навоза никаких следов его отыскать в почве не удается, так же как не удается в тот же срок после заправки найти и пожнивных остатков однолетних растений.

Заключение о том, что навоз не может служить для поддержания прочности структуры почвы, ни в какой мере не умаляет значения навоза как удобрения, т. е. источника элементов пищи для высших растений.

Нужно помнить, что, кроме высших растений, в почве содержатся неисчислимые мириады микроорганизмов. Если рассчитать, что в 1 г почвы содержится только миллион микроорганизмов, что будет сильно преуменьшено, то количество их на гектар выразится числом 3×10^{15} , или 3 000 триллионов особей. Если вспомнить, что они — организмы гетеротрофные, нуждающиеся в органическом веществе как источнике энергии, то в случае недостатка органических остатков они будут разрушать перегной в почве как источник энергии. Таким образом навоз, не служа источником перегноя в почве, может быть, однако, средством сохранения перегнойной почвы. Подробности применения навоза в этих целях будут рассмотрены в одной из следующих глав.

Последствия паровой системы земледелия прежде всего выразились в систематическом и прогрессивном падении урожаев. Урожай ржи понизился до 5—7 ц с гектара. *Хозяйство приобрело стихийный характер в высшей степени его выражения, и производство стало совершенно беспомощным.* Почва, вследствие усиленного боронования, все больше утрачивала структуру, перестала рассыпаться на комки и при вспашке обращалась в глыбы. Для уничтожения глыб приходилось прибегать к еще более усиленному боронованию, которое в еще большей степени разрушает структуру почвы. Обработка почвы стала требовать все увеличивающейся затраты труда.

Структурная почва совершенно не обладает связностью. Раз уничтожена структура, неминуемо выявляется качественный признак бесструктурной почвы, связность, что влечет повышение расхода работы на обработку и ведет к образованию глыб. Образование глыб ведет за собой усиленное боронование, которое в еще большей степени разрушает структуру почвы со всеми теми же последствиями. *Получается «заколдованный» круг, из которого нет иного выхода, кроме создания структуры и прекращения боронования.*

В еще более резкой форме проявляются последствия паровой системы на черноземных почвах. Раз отсутствует накопление нового перегноя, то не только утрачивается структура, но под влиянием действия атмосферных осадков постепенно вытесняется из микроагрегатов чернозема поглощенный кальций, и почва становится не только бесструктурной, но и раздельночастичной. Вследствие сохранения в черноземе большого количества инертного перегноя не только возрастает

в огромной степени связность, но начинает обособляться солонцеватость почвы, и начинается процесс быстрого перехода богатейших структурных черноземов в малоплодородные солонцы.

Падение урожая неизбежно вело к расширению полевой площади. Началась усиленная распашка всей территории. Сначала были распашаны пастбища, потом пали леса, и, наконец, жертвой неуголимого земельного голода стали луга.

Была распашана природная зеленая кормовая площадь, и скот рабочий и пашовый летом стали выгонять на площади паров, выбиваемых животными дочерна. Только после уборки озимых скот переводился на озимое жнивьё, и лишь осенью он несколько поправлялся на жнивьё яровых. Наступала зима, и скот переводился на «гуменный» солоmistый корм.

А между тем потребность в живой тяговой силе росла. Увеличилась площадь пашни. Бесструктурная почва требует, по крайней мере, втрое большего усилия для вспашки. Но, кроме того, на поздних парах с самой ранней весны, когда почва еще пластична и легко уплотняется, «толчется» скот. Это выражение в высокой степени характерно, скот «пасется» на пастбищах, или, вернее, «пасса» на пастбищах, а теперь «толчется» на парах, на «толòке».

Уплотнение почвы скотом еще больше увеличивает связность почвы, и в общей сложности обработка бесструктурной почвы стала в огромное число раз труднее.

Истощенный дневной работой скот перегоняется в «ночное» в леса. Почва осветленного леса покрыта травянистой растительностью, образующей первоклассное пастбище. Лесной полог обуславливает равномерный в течение всего вегетационного периода приток воды, и разложение лесной подстилки определяет непрерывный приток элементов пищи растений в усвояемой форме. При грибном разложении азотистых веществ минеральные соединения азота потребляются грибной микрофлорой. Все же остальное количество азотистых веществ разрушается ею с выделением молекулярного азота. Дефицит азотного питания под пологом леса вызывает пышное развитие корневищевой флоры бобовых, присутствие которых и определяет высокое качество лесных пастбищ, как пастбищ первого разряда.

Но скот и лес, хотя и бессознательные, но непримиримые враги. При неупорядоченной пастбе скот отчасти поедает молодые всходы древесной растительности, но главным образом вытаптывает их. Деревья, выросшие «из-под морды» пасущегося скота, частью достигают природной спелости, частью используются на нужды населения. Природное же (естественное) лесовозобновление не осуществляется, и леса уничтожаются.

Освободившиеся от лесов угодия после сгнивания пней распахиваются. Сильнейшим образом изменяется водный режим страны. Весенние воды, которые под пологом леса в течение круглого года питали поля, теперь сразу весной скатываются по поверхности почвы. В течение всей зимы поверхностные слои почвы обогащались водой, перегонявшейся из более глубоких горизонтов в результате разности их температур, и весной всякая почва находится в состоянии первого количественного максимума состояния влажности. В бесструктурной выпаханной почве весь запас воды находится в форме волосной воды, и такая почва не может вместить нового количества воды. Поэтому каждую весну зимние осадки бурными потоками устремляются по уклону рельефа, унося верхний, культурный слой почвы и размывая овраги.

Что не могла снести вода, сносится ветром, не встречающим препятствий вследствие отсутствия леса. Бесструктурная почва быстро утрачивает свой богатый запас воды, и урожай приобретает типичный характер стихийности.

Вместе с тем реки, лишенные питания почвенной водой, летом спадают до несудоходной межени. Весной долины рек заполняются таким количеством воды, что устья их не в состоянии пропустить всего количества воды в моря раньше как в течение месяца.

Вследствие разности скоростей в русле реки во время весеннего разлива отлагаются пески на бечевниках и в самом русле на его поворотах. Образуются

перекаты и мели, и ежегодно приходится расчищать фарватер реки, который ежегодно вновь заносится песками.

Плодороднейшая зернистая пойма облесенной территории обращается в слоистую пойму. Пески, отлагавшиеся на бечевнике, раздуваемые дневным бризом, окончательно искажают ровную поверхность зернистой поймы.

Под влиянием порывистого водного режима всей территории обезлесенной страны урожайность приобретает ярко выраженный характер стихийной кривой. Колоссальные колебания от нуля до 16 ц с гектара при невысокой и неуклонно стремящейся к падению средней величине урожая окончательно подрывают всякие следы благосостояния работников земли со всеми последствиями. Оправдываются слова Либиха, высказанные им около 100 лет назад: *«Нет более прямого пути к абсолютному обнищанию народа, чем непрерывная культура однолетних растений»*.

Навозное скотоводство. Пользовательный скот постепенно уничтожается. Земля едва способна прокормить семью работника и принадлежащий ему рабочий скот. Скудное зимнее кормление мякиной и соломой едва в состоянии поддерживать существование скота и расходуется главным образом на поддержание температуры тела животного в холодном хлеву. *Исчезает понятие о пользователем, продуктивном скотоводстве, и обособляется понятие о скотоводстве навозном.*

Урожай все продолжает падать. Учащаются неурожай и голод. Производительность труда падает до минимума. Хозяйство становится все более напряженным. Исчезают запасы, и при малейшей неудаче нехватает своего хлеба до нового урожая, а скоро и к «новому году» урожай съеден. Это — типичная картина тупика, в который под конец зашло сельское хозяйство феодально-помещичьего периода. И только чисто капиталистическое развитие снова развязывает развитие техники и земледелия. Но там, где оно развивалось, сохраняя крестьянское сельское хозяйство, там техника прогрессировала слабо. Появившийся в капиталистической деревне кулак, как «благодетель», одолаживая хлеб под обработку, запутывал сеть кабалы бедняков и середняков. Знакомая картина гнетущего капиталистического прошлого.

В странах более древней культуры, в области господства бесструктурных степных почв, *деградация земледелия пошла еще дальше.* Обработка земли постепенно совсем забрасывалась. Земледелец постепенно обращался в *скотовода-номада*, жизнь которого зависит от состояния его животных.

Кочевое скотоводство. Современное кочевое скотоводство в ряде степных областей с бесструктурными почвами — реликт когда-то цветущего сельского хозяйства.

Кочевое скотоводство, урегулированное только в смысле подразделения территории на зимние и летние пастбища, не могло, конечно, повести к улучшению состояния сельскохозяйственного производства. Его влияние на почву шло в том же направлении, как и влияние абсолютного почвенного возраста. Уничтожалось органическое вещество, а вместе с ним исчезали последние остатки структуры почвы.

Кочевое скотоводство уничтожило леса, и в поисках топлива не только была изрыта вся степь, из почвы которой выдирались все корни многолетних растений, но сжигался и весь навоз скота в форме кизяка, и земледелие лишалось своего последнего источника органического вещества. Климат окончательно принял характер степного. Даже в субтропиках, в поясе муссонов, где в течение дождливого периода вся страна буквально затопляется, бесструктурная почва через две недели после окончания дождливого периода испаряла весь свой запас воды.

Орошение бесструктурных почв. Пришлось прибегнуть к самому дорогому способу поддержания запаса воды в почве, к искусственному орошению. Тысячелетия назад еще рабским трудом в этих областях были созданы колоссальные оросительные сооружения. Но реки и первого, и второго порядка исчезли. Остались лишь реки, питаемые ледниками.

В погоне за водой зарылись люди в землю за грунтовой водой, питаемой теми же ледниками. Были вырыты сотни километров подземных туннелей, «каризов», и из недр земли вычерпывалась вода и разливалась по остаткам полей и садов.

Но орошение бесструктурных степных почв неминуемо приводило к их засолению, поэтому здесь установилась система пользования землей, напоминающая переложную систему. Орошают участок до тех пор, пока он дает урожай, могущие поддерживать существование земледельца. После неизбежного засоления участка его забрасывают и начинают орошать другой участок. Через 30—40 лет засоленный участок «опресняется». За это время соли, увлеченные из гипсового и известкового горизонта, при испарении огромного количества оросительной воды с поверхности почвы, вновь будут выщелочены атмосферными осадками обратно в эти горизонты.

Атмосферные осадки притекают к почве в гораздо меньших количествах, чем искусственно приводимая оросительная вода, и все количество их испаряется через корни растений. Вследствие этого частота и продолжительность восходящего тока воды в почве сильно уменьшаются, и легко растворимые соли вновь вымываются на глубину природного промачивания почвы, где они отлагаются в форме включений и, повидимому, в форме ближе неисследованных сочетаний с гипсом, напоминающих двойные соли.

Долгий срок природного опреснения почвы требует огромных площадей для земледельческой культуры. В то же время и неурегулированное кочевое скотоводство прогрессивно ухудшает состояние как летних, так особенно и зимних пастбищ, которые сильнее страдают вследствие более длинного периода их использования, совпадающего с тем временем, когда растения после созревания семян готовят запасный пластический материал для своего развития в будущем году.

Поэтому и та, и другая половины населения стремятся расширить свою земельную территорию. Как и в области почв, еще сохранивших свою структуру, и здесь прогрессивно увеличивается неуголимый земельный голод.

Используемые орошаемым земледельцем пространства покрыты сетью сооружений, мешающих свободной неурегулированной кочевой пастьбе, и отсюда та органическая ненависть, которую питало население, ставшее кочевым, ко всяким оросительным сооружениям. Вся история областей, покрытых почвами, ставшими бесструктурными, как в Евразии, так и в Африке, представляет перечень разрушения оросительных сооружений кочевниками-скотоводами и медленное упорное восстановление этих сооружений остатками оседлых земледельцев.

Вторичные солончаки. Та же история, или, вернее, та часть ее, которая называется археологией, накапливает все больше и больше доказательств того, что страны, считавшиеся областями, спокон века орошавшимися, когда-то процветали при неполивной культуре структурных почв. Современная богарная культура Средней Азии представляет только реликт прежней культуры, которая оставила после себя завейные песками развалины городов, предания о золотом веке и богаре.

Несовместимость длины периода природного рассоления неизбежно засоляющихся орошаемых земель с современными условиями землепользования порождает к жизни ряд мер борьбы с процессом «вторичного» засоления почв.

Самые примитивные приемы борьбы — это сметание выцветов солей и свозка их с участка или перевод этих солей в организмы солянок, специально культивируемых на засоленном участке с последующей свозкой урожая солянок с этого участка.

После свозки урожая солянок с ним поступают трояко. Можно его сжечь или в качестве топлива, или просто в кучах и золу употребить на добывание поташа, соды и глауберовой соли. Можно оставить урожай солянок в рыхлых кучах выщелочиться от избытка солей дождями и затем употребить его в корм скоту. Наконец, иногда рекомендуют просто свалить его, без лишних хлопот, в ближайший овраг. Применение каждого из этих способов имеет чисто местный и даже субъективный характер.

Большим распространением пользуются способы «смывания» (flushing) солей и способы промывания почвы. При первом способе предоставляют солям *выцвести* на поверхности участка и затем сильной и обильной струей оросительной воды растворяют выцветы солей и смывают их в сбросовую сеть. При этой операции только часть солей уносится водой, некоторое же количество их вновь впитывается вместе с водой в пересохшую почву.

При промывании обвалованный участок заполняется возможно глубоким слоем воды. Вода оставляется на участке, смотря по обстоятельствам, один, два и даже три года, причем испарившееся и просочившееся количество ее восстанавливается из оросительной сети. Этот способ применим исключительно в том случае, если на участке имеется неглубокий природный или искусственный дренаж на глубине, не превышающей 1,5 м. Роль природного дренажа играет горизонт поддонной морены, так называемый «галечный». В случае отсутствия неглубокого дренажа по агрегатной породе вода горизонтальным волосным и отчасти напорным током по неволосным промежуткам (ходы корней, личинок, пауков) проникает в почву соседних участков. В случае преобладания волосного тока вода передается равномерно во все стороны. В случае преобладания напорного движения вода направляется по уклону рельефа. Ток воды создает на почве соседних участков длительную разность условий влажности нижних увлажняемых горизонтов почвы и их поверхности, испаряющей воду. Созданный непрерывный волосной ток воды выносит на поверхность окружающих участков как те соли, которые им растворены в почве промываемого участка, так и соли нижних горизонтов почвы окружающих участков. Таким образом вокруг промываемого участка образуется кольцо подпорных солончаков (seepage alkali lands).

По той же причине по обе или с одной стороны приводящих оросительных канав всегда образуются подпорные солончаки. Это зло может достигать очень значительной степени, и, кроме того, этим путем бесполезно теряется значительное количество воды (до 75%). Поэтому вопрос о непроницаемости дна и стенок оросительных магистралей достигает часто большой остроты (и стоимости).

Кроме описанных способов борьбы с процессом «вторичного засоления», большим распространением начинает пользоваться чередование орошаемой культуры с одним или даже двумя годами неорошаемого черного пара, поверхность которого беспрерывно поддерживается в рыхлом состоянии. Этим в сильной степени понижается испарение воды поверхностной почвой, и перепадающие дожди вновь выщелачивают соли до глубины предельного промачивания почвы. Кроме того, вся орошаемая культура должна вестись при непрерывном поддержании поверхности почвы в рыхлом состоянии.

Все описанные способы не в состоянии бороться с вторичным засолением при наименьшей затрате труда и тем более радикально устранить этот процесс. Радикальная борьба с вторичным засолением возможна только применением травопольной системы земледелия, на чем мы остановимся в соответствующей главе.

Сухое земледелие. В стремлении сократить непомерные расходы по орошаемой культуре выработались специальные приемы сухого земледелия. Идея сухого земледелия не нова. Она применялась в течение тысячелетий в Европе и состоит в том, что путем уплотнения почвы катком облегчают вертикальный восходящий волосной ток воды к верхним горизонтам почвы и одновременным разрыхлением поверхности почвы создают на ней изолирующий слой (мульч, по-английски mulch), который сводил бы к минимуму испарение воды непосредственно почвой, предоставив ее в значительной мере в распоряжение растений. Рыхлость слоя поддерживается повторным междурядным рыхлением, для чего посев культурного растения производится широкими рядами.

Оригинален в системе сухого земледелия только каток «наковшик» (culti-racker). Каток этот разделен на секции, расположенные в два ряда для того, чтобы он лучше мог приспособляться к неровностям почвы. Каждая секция состоит из многочисленных отдельных колес, насаженных на общую ось, на которой они вращаются при движении катка. Широкий обод каждого колеса представляет в разрезе удлинненный равнобедренный треугольник, основание которого

перпендикулярно радиусу колеса, а высота — продолжение радиуса колеса. Благодаря тяжелому весу и острореберности ободьев колеса проникают в глубь предварительно вспаханной почвы, где они производят уплотнение. В то же время находящиеся на поверхности почвы мелкие глыбы при движении катка выкалывают из-под колес, благодаря чему поверхность почвы остается в рыхлом состоянии.

Система сухого земледелия не дала ничего нового в области обработки почвы, но ей принадлежит гораздо более важная роль, которую агрономия, к сожалению, еще почти не осознала.

Путем ее широкого применения в западных штатах Северной Америки было доказано, что даже путем крайне несовершенных приемов обработки, каковы, в сущности, приемы обработки при системе сухого земледелия, можно возделывать без посредства орошения все без исключения культурные растения при 200—150 мм годовых осадков, в районах, которые еще 30—50 лет назад считались совершенно недоступными для культуры без орошения.

Приемы сухого земледелия, по существу, представляют меры борьбы с последствием неосуществимости накопления бесструктурной почвой большого, прочного запаса воды. Применение этих приемов может найти достаточное оправдание лишь тогда, когда неосуществимость запаса воды в почве представляет следствие стихийной причины, природного недостатка осадков.

Необходимо указать и еще на одно следствие развития паровой системы земледелия. Господство паровой системы на недавно еще структурных черноземах европейской части старой России, в условиях крайне медленного технического прогресса капиталистического земледелия, привело к прогрессивно возрастающему земельному голоду. Началось сперва стихийное переселение на «новые земли», которое затем стало регулироваться царским правительством в целях предотвращения крестьянского революционного движения. Коренное население этих «новых» земель в большинстве случаев уже за тысячу и больше лет прошло через ту стадию паровой системы земледелия, которую во всей ее остроте переживала европейская часть царской России: Оно находилось в стадии кочевого скотоводства. Внедрение в массу кочевого скотоводческого населения пришлого, оседлого, земледельческого населения, без одновременного переустройства системы хозяйства коренного населения, нарушало самые жизненные интересы его и создавало острые противоречия интересов этих двух групп населения. В других «новых» областях, где земля использовалась еще в переложной системе земледелия, требующей также широкого земельного простора, внедрение переселенцами принятой на их родине паровой системы не менее остро затрагивало интересы местного населения. Оно также было принуждено перейти на паровую систему, и немедленно возникало неизбежное последствие паровой системы, *острый, прогрессивно растущий и поэтому неутолимый земельный голод.*

Я укажу на сходство медицины и агрономии. Обе отрасли практического знания имеют своим предметом сложнейшие процессы жизни организмов, в которых все процессы протекают в порядке диалектического развития, в которых методы метафизического мышления совсем неприложимы и задачи которых могут быть решены только приложением основ диалектического мышления. Но естественные науки долгое время были загнаны в монастыри по причинам, которые теперь стали общезвестными. Долгое пребывание в центрах богословского обмана не могло не отразиться и на логических системах двух наук, обнимавших весь цикл процессов на земле. Кроме того, естествоиспытатели долго чуждались учиться мыслить, не признавали философию как историю и теорию человеческого мышления. Поэтому в течение веков естественные науки состояли из сложного сплетения предрассудков, преданий и заветов, скрепленных авторитетами и наивной непосредственностью метафизической логики.

Медицине до известной степени удалось стряхнуть с себя это тяжелое бремя прошлого. Не то в агрономии; в ней до сих пор еще уживаются современные знания и техника с тысячелетними преданиями и предрассудками, и диалектика полностью не победила еще обывательской логики и уживается рядом с авторитетом.

И в особенно сильной степени все это отражается в учении о принципах восстановления плодородия почвы и о системах земледелия, где приемы, унаследованные от архаической древности, принимаются на веру без всякой попытки критического анализа. Такова сила инерции «научных школ» и старых «теорий». Именно это изумительное обстоятельство на фоне обостренной классовой борьбы способствовало распространению в агрономии и социалистической сельскохозяйственной практике вредительских контрреволюционных установок, «теорий» и «систем».

Теоретические объяснения падения плодородия почвы. Первая попытка объяснения процесса падения плодородия почвы в периоды культуры и восстановления ее в периоды перелога была основана на неправильном истолковании правильно наблюдаемых фактов. Оно было дано А. Тэером. Он сопоставил факты увеличения урожаев под влиянием навозного удобрения и увеличения количества органического вещества в почве после ее пребывания в залежи и отсюда вывел прямое заключение, что растение питается перегноем и что в течение культурного периода урожаи растения истощают запас перегноя в почве и поэтому величина урожая падает. Во время периода перелога в почве вновь накапливается запас перегноя, и урожаи после периода перелога повышаются.

Свое заключение Тэер подтвердил и прямым опытом. Два сосуда были наполнены: один — нормальной почвой, другой — той же почвой, в которой прокаливанием предварительно было сожжено все органическое вещество. Урожай в первом сосуде оказался гораздо выше, чем во втором. Этот опыт Тэера, несмотря на его неправильное объяснение, имеет большое значение как первая попытка решить опытным путем вопросы физиологии растений.

Эти наблюдения и опыты послужили основанием *гумусовой*, или *перегнойной*, теории питания растений. Вместе с тем получила обоснование и замена перелога удобрением паром, где навоз должен служить источником перегноя.

В сороковых годах прошлого столетия, по инициативе Германской академии наук, двумя учеными, Вигманом и Польсторфом, был поставлен уже точный опыт культуры сельскохозяйственных растений в стерильной платиновой проволоке со снабжением растений только минеральными солями. Выращенные растения дали нормальные семена, этим был окончательно установлен факт питания зеленых растений минеральными солями, и вопрос об утрате плодородия почвой потребовал пересмотра. На основании опытов Вигмана и Польсторфа, он был решен Юстусом Либихом. Решение вопроса было, однако, сделано им на основании правильных опытов механистически.

Зольные элементы пищи растений входят в состав горных пород и при выветривании последних переходят в состояние, усвояемое растениями. При снятии урожаев зольные элементы пищи растений отчуждаются из почвы, и очевидно, что количество их в почве уменьшается соразмерно величине урожаев. Современная Либиху наука о почве упрощенно утверждала, что возобновление запаса зольных элементов пищи растений в почве может происходить только путем выветривания минеральной части почвы. Таким образом Либихом в культурной почве предполагались два взаимно противоположных процесса: процесс перехода зольных элементов пищи растений в удобоусвояемую форму путем химического выветривания и процесс их отчуждения в урожаях.

Предполагалось, что во время пребывания почвы в залежи процесс отчуждения элементов зольной пищи растений идет гораздо более медленным темпом и величина запаса усвояемых элементов зольной пищи растений в почве возрастает под влиянием выветривания. Поэтому после перелога урожай культурных растений повышается. Но очевидно, что темп выветривания в почве совершается настолько медленно по сравнению с темпом отчуждения элементов пищи, что наличный запас удобоусвояемых соединений в культурной почве исчерпывается быстро и выветривание почвы не в состоянии покрыть текущей потребности растений, почему урожаи и падают.

Из этих рассуждений вытекало, что чем короче период перелога, тем меньше может накопиться в почве удобоусвояемых веществ и тем короче может быть куль-

турный период, во время которого растение дает урожай, оправдывающие затрату труда на обработку почвы. Это ошибочное заключение, повидимому, подтвердилось правильным наблюдением влияния навоза на повышение урожая, что объясняется тем, что при его разложении в почве освобождаются в удобоусвояемой форме бывшие в нем элементы зольной пищи растений.

Эта же теория объясняла очень просто и стремительную быстроту падения урожая во время периода культуры при переложной системе земледелия. Очевидно, что при обработке почвы перелога оборотом пласта процессы выветривания в ней происходили так медленно, что не успевали следовать за темпом отчуждения урожаями зольной пищи растений. Поэтому, как только первые после перелога один или два урожая уносили большую часть зольных элементов, освобожденных выветриванием почвы перелога в удобоусвояемой форме, так тотчас урожай должны были упасть вследствие медленности процесса выветривания.

Из этой же теории вытекало, что господствовавшая раньше система обработки почвы оборотом пласта явно непригодна. При ней процессы выветривания почвы совершались слишком медленно. Направление, в котором обработка почвы требовала улучшения, было, по взглядам Либиха, также ясно. Так как было установлено, что выветривание совершается под влиянием элементов атмосферы, то следовательно, для усиления этого влияния нужно увеличить поверхность соприкосновения почвы с воздухом.

Это задание было быстро разрешено английскими инженерами. Решение было совершенное с точки зрения конструктивной в свете современных ему условий техники, но отличалось высокой степенью наивности с точки зрения требований земледелия. Выработанный прием был *взмет*. Неглубокие и неширокие пласты, поставленные под углом 45° к горизонту, давали действительно максимальную дневную поверхность соприкосновения с воздухом по сравнению с огромными, плащами лежащими пластами *оборота*. Но при этом совсем забыли, что почва — сыпучее тело, обладающее волосной и неволосной проницаемостью массы.

Последствия ясны. Новая система обработки почвы *взметом* еще скорее, чем старая, оборотом пласта, приводила к тому же результату, падению урожая.

Плодопеременная система земледелия. К этому времени, главным образом трудами Эмиля Вольфа, скопилось большое количество анализов золы культурных растений, которые и дали возможность Либиху разбить культурные растения по составу их золы на три группы: фосфорнокислые, калийные и известковые, причем содержание извести по большей части синоним богатства семян азотом. Эти три группы довольно хорошо совпадают с производственными группами: хлебов, корнеплодов и технических растений и бобовых.

В первой половине прошлого века, когда закладывались описываемые основы научного земледелия, в Западной Европе, за исключением нидерландских стран и Англии, господствовали трехпольные или двухпольные севообороты: пар, рожь, овес; пар, пшеница, ячмень; пар, рожь, пар, овес; пар, пшеница; пар, ячмень; пар, пар, рожь; пар, пар, ячмень и даже пар, пар, пар, рожь. Растения технические: лен, рапс, марена, сурепка, вайда, сахарная свекла, хмель; корнеплоды и листовые: свекла, брюква, репа, картофель, капуста и бобовые: горох, бобы, чечевица, возделывались на запольных, большей частью приусадебных, участках, и на эти участки шел весь навоз, получавшийся от немногочисленного поголовья скота.

Либих со всей силой своего популяризаторского таланта и исходя из установленных им двух предпосылок, медленного выветривания и быстрого отчуждения элементов зольной пищи, с одной стороны, и наличия указанных трех групп среди культурных растений, с другой стороны, горячо стал проповедывать переход на плодосея, или, как часто говорят, на *плодопеременный*, или на *многопольный*, севооборот. Основания, которые приводились против господствовавших двух- и трехпольных севооборотов паровой системы и в защиту плодосея, сводились к следующему. Прежде всего указывалось на существование трех групп растений по составу их золы. Очевидно, что большое содержание какого-либо элемента в золе растений указывает на его важное значение в жизни растений. И очевидно, что

недостаток такого важного элемента должен играть критическую роль в определении величины урожая, так предполагал Либих.

При господствующих севооборотах в течение веков из почвы отчуждался преимущественно фосфор, так как отчуждалось исключительно зерно. Солома перерабатывалась в навоз, который весь шел на удобрение приусадебных участков. Нужные зерновым хлебам минеральные соли накапливаются в почве исключительно при ее выветривании. Это выветривание, по предположению Либиха, должно совершаться в паровом поле под влиянием элементов атмосферы. Но на парах пасется скот, поэтому пары до конца лета не пахуются и не только не рыхлятся для более энергичного проникновения в них воздуха, а напротив, уплотняются копытами пасущихся животных.

В то же время фосфор частично накапливается на приусадебных участках благодаря систематическому переносу на них с навозом соломы, выросшей на полях. Кроме того, возделываемые на приусадебных участках овощные, технические и бобовые растения принадлежат к калийным и известковым. Последние после себя оставляют еще и много азота.

Согласно этой теории прежде всего нужно приложить все старания к тому, чтобы усилить выветривание почвы. Для этого нужно изгнать скот с паровых полей и заменить толоку или зеленый пар культурным паром, черным, т. е. обрабатываемым в течение круглого года. Скот, переведенный с паровых полей, необходимо или поставить на стойловое содержание, или организовать пастбищу на специальных пастбищах на привязи или в загонах. Организация пастбища должна быть произведена на специальных приусадебных участках. Для создания искусственной кормовой площади должны служить клевер, ввезенный в Германию из Англии Шубартом, и люцерна, культура которой была давно известна во Франции. Время введения клевера в культуру Англии не установлено; существует догадка, что он туда был ввезен из Вологодского края.

Все те растения, которые ранее занимали приусадебные участки, должны быть переведены в поле, чтобы иметь возможность организовать плодопеременный, многопольный севооборот.

Основа плодосмена — чередование растений с различной потребностью в элементах зольной пищи. Таких групп растений было намечено три. Предполагалось, что в то время, как поле было занято, например, зерновыми бобовыми и вслед за ними техническими, из почвы отчуждалось преимущественно известь и калий, а фосфор, который потребляется этими растениями лишь в относительно малых количествах, успевал в ней накапливаться благодаря выветриванию почвы и также накапливался азот под влиянием культуры бобовых.

Введение в полевую культуру технических растений и корнеплодов имеет еще и то значение, что все корне- и клубнеплоды и многие технические требуют при паровой системе земледелия усиленной пропашной культуры и поэтому могут заменить пар. Поэтому пар может быть упразднен, и поле может быть занято бобовым растением, которое не только обогатит почву азотом, но, благодаря своим длинным корням переведет в пахотный горизонт элементы зольной пищи из глубже лежащих горизонтов породы. Навозное же удобрение может быть вывезено в поле весной, перед посевом корнеплодов, или осенью предыдущего года.

Прототипом плодопеременного севооборота, удовлетворяющим всем требованиям, считался норфолькский севооборот в Англии: клевер, озимая пшеница, кормовая репа (турнепс) по навозу, двухрядный ячмень с подсевом клевера.

Практики-хозяева середины прошлого столетия, особенно в Англии, делили все культурные растения на две группы:

1) истощающие почву, и к ней относили все зерновые хлеба и технические растения, и

2) улучшающие почву, к которой относили кормовые бобовые и корнеплоды.

В связи с этим предъявлялось и еще одно требование к плодопеременным севооборотам: чтобы растения, истощающие почву, не занимали больше половины всей площади земли с тем, чтобы остальные 50% площади были заняты растениями, улучшающими почву.

Норфолькский севооборот полностью удовлетворял и этому требованию, равно как и выявившимся в то время требованиям торгового и промышленного капитала: зерно и мясо — для торгового, шерсть и кожа — для промышленного.

В Пруссии и Баварии норфолькский севооборот был изменен в такой: клевер, озимая рожь, кормовая свекла по навозу, овес или двухрядный ячмень с подсевом клевера.

Правительства государств Западной Европы прилагали также старания к расширению полевой культуры технических и бобовых растений. Во Франции в войсках были введены красные паровары и синие шинели с целью поощрения культуры марены и вайды. В Германии была введена в воинский рацион гороховая колбаса для расширения посевов гороха и чечевицы. Решающее влияние на развитие культуры сахарной свеклы, а за ней и кормовой имела *континентальная система*, выдвинутая Францией для борьбы с конкуренцией английского сельского хозяйства. Также и культура заводского картофеля сильно подвинулась вследствие мер, принимаемых для поощрения развития сельскохозяйственного спиртокурения.

Ошибки теории плодосмена. Таковы теоретические основы плодосмена. Главная ошибка их заключается в утверждении, будто источник минерального питания культурных растений — процесс выветривания почвы. Мы уже указывали, что почвообразующие породы, на поверхностном слое которых совершается почвообразовательный процесс, в огромной части своей массы представляют конечные продукты выветривания. Из этого источника получить необходимые ему минеральные вещества растение, конечно, не может.

Видя причину утраты почвой своего плодородия исключительно в отчуждении из нее минеральных веществ, плодосмен возлагает задачу восстановления плодородия почвы на паровое поле, в котором, предполагалось, процесс выветривания почв идет наиболее быстро. Именно поэтому неправильно плодосмен признавать за какую-то особенную плодопеременную систему земледелия. *Плодосмен есть наиболее развитая форма паровой системы земледелия.*

Подразделяя все культурные растения на три группы, Либих упустил из виду, что по величине своей потребности в элементах пищи культурные растения делятся на те же группы, как и по отношению к величине их потребности в воде. Он, кроме того, не знал, что преобладание какого-либо элемента пищи в растении или в его золе определяется не величиной потребности в нем растения, а легкостью усвоения накапливающегося элемента корневой системой растения, как это доказал П. Вагнер, а величина действительной потребности растения в каком-нибудь элементе пищи характеризуется минимальным содержанием этого вещества в золе. Несмотря на неверность теоретических оснований, которые подводились под плодосмен при его введении, он все-таки сыграл очень видную роль в деле дальнейшего развития системы земледелия сельскохозяйственного производства.

Капитализм, разрушивший тупик феодально-помещичьего сельского хозяйства, заставил резко изменить весь состав культур. Плодосмен, отвечая этим требованиям, прежде всего разрушил заколдованный круг ограниченного потребительского зернового хозяйства, введя в полевую культуру товарные растения. Плодосмен помог, таким образом, вывести производство сельскохозяйственных продуктов из стадии кустарного потребительского промысла на путь массового товарного производства.

Во-вторых, и это главная заслуга плодосмена, он вместо природной кормовой площади, уничтоженной паровой системой земледелия, положил начало созданию искусственной зеленой кормовой площади, снабжающей животноводство полноценным витаминным кормом, базой его продуктивности, невзирая на то, что научное обоснование витаминной полноценности стало известным лишь около 30 лет назад. Этим было остановлено вырождение важнейшего сельскохозяйственного технического производства, животноводства, в уродливое детище паровой системы, навозное скотоводство. Плодосмен, таким образом, поставил развитие продуктивного животноводства на правильный путь, отвечая выявившимся в это

время громадным требованиям возрастающего городского населения и развивающегося капитализма к продуктам животноводства.

Плососмен широко пропагандировался в половине прошлого века и у нас, в России. Во многих помещичьих хозяйствах он нашел и применение. К сожалению, теоретические основы плососмена, как и сам плососмен, пропагандируются реакционными «школами» от агрономии и в СССР до последнего времени, несмотря на то, что при современном состоянии учения о системе земледелия они уже отошли в область истории и могут служить лишь примером опасности применения метафизического метода мышления в отраслях знания, в основе которых лежат биологические процессы.

Теория полного возврата. Под влиянием чисто химических воззрений *Либиха* на сельскохозяйственное производство зародилась и наиболее полно была развита *Пабстом* теория полного возврата почве зольных элементов пищи растений.

Раз элементы зольной пищи растений составляют безусловно необходимую часть органического вещества, то очевидно, что для создания определенного его количества требуется строго соответствующее количество зольной пищи растений. Это количество зольных элементов растение берет из почвы. Часть взятых минеральных веществ вновь возвращается в почву с навозом, но часть зольных элементов и азота отчуждается из почвы, входя в состав тех продуктов хозяйства, остатки которых не возвращаются в почву в виде вносимого навоза.

Таким образом из года в год из почвы полей уносится некоторое количество пищи растений. Предполагалось, что часть утраченных почвой веществ вновь пополняется путем выветривания. Но очевидно, что темп выветривания медленнее, чем темп отчуждения, и урожай падают.

При таких условиях, как предполагали тогда, можно поправить дело только одним путем. После снятия каждого урожая нужно вновь вносить в почву все то количество зольных элементов и азота, которое безвозвратно отчуждается из почвы, и таким образом поддерживать известное статическое состояние плодородия почвы, содержание в ней элементов пищи растений.

Так как средний состав золы разных частей растений в достаточной мере установлен, то представляется сравнительно простой задачей определить количество фосфора, калия, азота, серы и кальция, которое отчуждается с каждым центнером урожая. Раз известны эти числа, то по величине урожая легко определить и полное количество отчуждаемых из почвы элементов золы. Если желательнее сохранить урожай на определенной высоте, предохранить их от неизбежного падения, это количество зольных элементов должно быть возвращено почве.

Под влиянием этого учения о полном возврате в Германии была основана *Олендорфом* фабрика искусственных химических «специальных» удобрений, которые готовились под общим руководством *Либиха*. Такие удобрения готовились для всех сельскохозяйственных растений под названиями специального картофельного, пшеничного, кормовосвекловичного и т. д. удобрения *Олендорфа* (*Ohlendorf's Kartoffel Specialdünger u. s. w.*). Определенный вес каждого специального удобрения отвечал определенному весу урожая каждого растения, и для земледельца представлялось как бы очень простой задачей поддержание *статистики плодородия своей почвы*.

Однако на практике оказалось, что теоретические расчеты экономически не оправдывались, урожай не поднимался соответственно количеству вносимых удобрений. Ежегодные внесения в почву количества минеральных веществ, вычисленного по количеству отчуждаемых, не оправдались экономически, ибо это создавало в почве совершенно ненужный избыток некоторых соединений элементов пищи, что приводило к их выщелачиванию. Фабрика специальных удобрений должна была прекратить их производство.

Несмотря, однако, на эту первую неудачу, теория полного возврата была началом развития учения об удобрении почвы, хотя она и не получила своего полного отражения в самых совершенных построениях этого учения, а тем более в практике капиталистического сельского хозяйства.

Сидеральная система земледелия. Приговор над паровой системой был под-

писан свыше двух тысяч лет назад. Уже к тому времени, как Юлий Цезарь насильно вводил черный пар в колониях Римской империи, в самой Римской империи шла горячая пропаганда новой, так называемой «сидеральной», или звездной, системы восстановления плодородия почвы (sidereus — звездный) взамен уже тогда признанной непригодной паровой системы. Сидеральная система, вполне разработанная, была заимствована римлянами у греков, которые, в свою очередь, получили ее от египтян, в свою очередь, взявших ее в форме законченной системы от народов Востока, где история ее теряется.

Сущность системы сводилась к систематическому посеву после снятия урожая культурного растения ежегодно или через два года — озимой ржи или горчицы, с тем, чтобы, когда рожь раскустится или горчица зацветет, запахать эти растения глубокой осенью в почву.

Уже в древнем Египте горчица и рожь были заменены однолетним бобовым растением, александрийским клевером (*Trifolium alexandrinum* L.), и на территории современных среднеазиатских республик его заменил посев маша (*Phaseolus mungo* L.), а в Таджикистане — пелюшки (*Pisum arvense* L.).

Нельзя не видеть в этом приеме зачатков травопольной системы, хотя теоретическое объяснение в виде утраты почвой с отчуждаемым урожаем какого-то вещества, которое вновь поглощается рожью и горчицей из излучения созвездий, и далеко от современных научных представлений.

Сидеральная система, часто называемая также системой *зеленого удобрения*, пользуется довольно широким распространением в областях песчаных почв Пруссии, Польши, Литвы и Белорусской ССР, и она практикуется до сих пор в среднеазиатских республиках.

На песчаных почвах, или, точнее, на песках, навоз слишком скоро разлагается, и минеральные соли быстро выщелачиваются. Кроме того, быстрое разложение навоза легко создает односторонний избыток азотной пищи, который приводит к выгоранию посевов. Поэтому на накопление в этих почвах перегной путем внесения навоза надежды совсем нет, тем более что в этих почвах мельчайшие минеральные частицы каолина, окиси железа и марганца, придающие почве связность, почти совсем отсутствуют, и их приходится создавать, накапливая в почве перегнойные кислоты в нерастворимой их форме. Это достигается частью внесением торфа после его предварительного промораживания в рыхлых кучах. В таких торфяных кучах сернистое железо окисляется, и получающиеся ядовитые для растений серная кислота и сернокислая закись железа выщелачиваются, сама же масса торфа разрыхляется. После внесения торфа на почву высевается растение для зеленого удобрения, чаще всего одновременно с калийным удобрением ввиду недостатка калия в этих почвах.

Растения для зеленого удобрения выбираются самые различные. Чаще всего пользуются озимой рожью, горчицей, гречихой, позднеспелыми сортами инкарната (*Trifolium incarnatum* L.), люпинами желтым (*Lupinus luteus*), голубым (*L. angustifolius* L.), сераделлой (*Ornithopus sativus* L.) и пелюшкой (*Pisum arvense* L.).

Основное правило сидеральной, как и травопольной системы, — возможно поздняя осенняя заправка зеленого удобрения в почву.

В последнее время в практике орошаемого земледелия Соединенных Штатов, как правило, вошло в употребление после снятия всякого урожая сеять озимую рожь или коровий горох (*Vigna sinensis*, *V. catjang*.) с последующей заправкой их возможно поздней осенью.

Сидеральные растения в условиях сухого земледелия применяются широко в некоторых хозяйствах Германии в виде так называемых подсеваемых или пожнивных однолетних культур. Сидеральную систему земледелия следует рассматривать как зачаточное состояние развития травопольной системы и часто как ее суррогат.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

ОСНОВЫ ТРАВОПОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Бурьяновый перелог. — Пырейный перелог. — Тонконоговый перелог. — Типцовый перелог. — Ковыльная степь. — Мягкий и твердый перелог. — Пластовые растения. — Твердые, мягкие и серые хлеба. — Основы травопольной системы земледелия.

Уже в начале XIX столетия сельское хозяйство Европы знало одну из важнейших причин низкой урожайности полей и низкой доходности хозяйства, упадок животноводства. Под влиянием прогрессивного падения урожаев приходилось все больше и больше распахивать пахотоспособную территорию. В первую очередь распахивались земли, которые требовали наименьшей затраты труда и средств для своего обращения в полевые угодия. Такими угодиями были прежде всего пастбища. Хотя и небольшое наличие скота, но оно все-таки требовало пастбищного кормления, и скот перегонялся сначала на луга после укоса, и по мере сокращения зеленой кормовой площади на лугах стали пастись скот и до укоса. Природные луга, отчасти под влиянием природного старения, но главным образом под влиянием неурегулированного осеннего и весеннего выпаса стали давать все меньшие и меньшие урожаи сена, и под давлением земельного голода и падения продуктивности лугов они также распахивались и обращались в полевые угодия. Скот на пастьбу перегонялся сначала в леса, участь которых была рассмотрена в предыдущей главе. После уничтожения лесов осталось только одно угодие для пастьбы скота. Весной это были паровые поля, которые выбивались дочерна, а после снятия урожая — жнивье, которое также выбивалось дочерна.

Несомненно, что под этим влиянием урожай как озимых, так и яровых еще больше упал. С наступлением зимы скот переводился на исключительно стойловое содержание и получал в корм только солому и мякуну. Даже очистки хлебов, состоящие из сорных семян, сберегались до весны, когда они тоже съедались населением. Такого рода содержание скота прежде всего отразилось на качестве навоза и повлекло за собой дальнейшее снижение урожаев.

Следующим, не так быстро наступившим ухудшением было сильнейшее падение продуктивности скота вследствие его вырождения под влиянием авитаминоза. Продукции животноводства едва хватало на прокормление самого населения. Одновременно с этим рост городского населения, ускоренный притоком разоряющегося бедняцкого и середняцкого крестьянства из деревни, предъявлял все растущий спрос на продукты питания. Одновременно развивающаяся капиталистическая мануфактура не менее упорно предъявляла растущие требования на сельскохозяйственное сырье, главным образом на продукты животноводства (шерсть, кожи). Под давлением грозящего голода и требований мануфактуры земледельческое крестьянское население, горьким опытом оценивавшее значение зеленой кормовой базы как основы продуктивного животноводства, начало сеять кормовые растения на полях. Растения, высевавшиеся на полях с целью кормления животных, принадлежали к трем группам: 1) корнеплодам, в Англии тур-

непс, в Германии кормовая свекла и в скандинавских государствах брюква; 2) кормовым капустам, во Франции, и 3) травам, в Испании эспарцет и люцерна, в Италии преимущественно александрийский клевер и люцерна и в Англии клевер. Италия скоро забросила культуру александрийского клевера и перешла на люцерну, откуда последняя перешла во Францию и в Венгрию. Из Англии клевер перешел в Голландию, Данию, Бельгию, позже в скандинавские страны и уже оттуда перекочевал в Германию, прибалтийские страны, и возвратился, наконец, в Россию под названием английской дятловины.

В первое время развития посева многолетних бобовых они разводились только с кормовыми целями. Но раз проникнув на поля, они быстро оказали влияние на значительный подъем урожая однолетних зерновых хлебов и быстро завоевали себе место в севообороте. Одновременно проявили свое влияние и корнеплоды, и сложились плодотворные севообороты. Европейские севообороты отличались от английских настоящих плодотворных севооборотов тем, что континентальные земледельцы, увлекшись кормовым значением клевера, держали его на поле до трех лет, тогда как в английском типичном плодотворном севообороте клевер использовался один год. В царской России, в северной нечерноземной части, в гнездах клевероселения (помещичьи хозяйства бб. Московской, Смоленской, Псковской, Новгородской, Тверской и Вологодской губерний), еще больше увлекались многолетней культурой клевера и сохраняли его на поле в течение 5—8 и даже 9 лет. Мотивы такого длительного сохранения многолетней дернины, из которой за это время клевер совершенно вытеснялся природными травами, были чисто спекулятивные. Помещики сдавали эти старые клеверища «благодетелям» по бешеной цене, около 300 рублей за десятину под один посев льна. «Благодетели» же переарендовывали арендованные ими земли крестьянам небольшими клочками по еще более повышенным ценам под посевы льна-долгунца.

Причины положительного воздействия бобовых и злаковых трав в смысле повышения урожайности оставались долгое время неясными, несмотря на прогрессивное расширение площадей под травами почти во всех странах Западной Европы. Эти причины были раскрыты только во второй половине XIX столетия работами проф. П. А. Костычева в России и Е. Рислера в Швейцарии. До работ Костычева и Рислера объяснение влияния природных многолетних трав, с которыми имели дело и Рислер в Швейцарии (луга на буроземах Раманна), и Костычев в России (черноземные степи), их положительное влияние объяснялось с точки зрения Либиха, о которой была речь выше. Что касается влияния трав в плодотворном севообороте, то к ним применялись взгляды того же Либиха, которые были освещены выше, т. е. накоплением азота бобовыми и попеременным использованием фосфора и калия разными группами культурных растений в севообороте. Согласно этим взглядам, считалось, что после многолетнего перелога в почве должно быть очень много усвояемой пищи растений и что по окончании периода культуры эти усвояемые формы пищи израсходовывались однолетними культурами.

Костычев и Рислер, желая собрать материал, иллюстрирующий господствовавшие тогда взгляды, провели большое количество анализов над почвой полей, только что вышедших из-под залежи и дававших колоссальные урожаи, и с другой стороны, полей, которые должны были забрасываться в перелог вследствие окончательного падения урожайности. Прежде всего и того и другого ученого поразило то, что на выпашанных участках урожай зеленой массы был вообще большой, но он состоял преимущественно из сорняков. Если выбрать два рядом лежащих участка с совершенно однородной почвой, занимающих одинаковое положение на рельефе местности, но отличающихся только по месту в севообороте, так, чтобы один был только что распахан из-под перелога и давал бы максимальный урожай, а другой находился бы в состоянии, когда его вследствие падения урожая забрасывают в перелог, и сделать анализ почвы этих двух участков, то результат получается неожиданный. Всегда оказывается, что почва участка мягкого, выпашанного, дающего пышные урожаи, содержит при применении обычных приемов анализа большее количество элементов зольной пищи растений



Костычев Павел Андреевич (1845—1895).

в усвояемой форме, чем почва распаханного, твердого перелога, дающего очень высокие урожаи.

Только после того как почва твердого перелога перед анализом подвергается операции обугливания органического вещества (Бевада), содержание в ней элементов зольной пищи растений сравнивается с содержанием их в почве, дающей ничтожные урожаи.

Стараясь установить разницу между двумя такими почвами, и Костычев, и Рислер могли уловить только разницу в их структуре.

Почва, дающая ничтожные урожаи, всегда представляет преобладание раздельночастичной, бесструктурной массы, тогда как почва с высокой производительностью всегда отличается высокой прочностью своей совершенной комковатой структуры.

Детальное изучение процессов, развиваю-

щихся при оставлении черноземных полевых выпашанных почв в перелог, освещает совокупность процессов восстановления плодородия. Мы остановимся подробнее на анализе этих процессов ввиду чрезвычайной важности для наших целей выводов из их анализа.

Кроме сильного уменьшения величины урожаев, в последний год культурного периода поле перед оставлением его в перелог отличается чрезвычайной засоренностью. Сорняки последнего года культуры ясно расчлениются на группы по их преобладанию в следующем порядке:

- 1) однолетние разных семейств;
- 2) озимые, преимущественно злаки (овсюги, костры) и крестоцветные;
- 3) двулетние и многолетние с мочковатыми корнями;
- 4) многолетние корневищевые, преимущественно пырей и чаполоты;
- 5) двулетние с веретенообразным корнем.

Бурьяновый перелог. На следующий год после прекращения обработки поле вступает в стадию бурьянового перелога, т. е. оно зарастает сплошным покровом сорняков, которые в годы с благоприятной погодой достигают роста человека. Упомянутые группы сорняков располагаются в ином порядке, чем в предыдущем году. Первое место занимают двулетние с веретенообразным корнем, преимущественно сложноцветные (будяки), зонтичные, иногда донники (*Melilotus*), за ними в порядке нисходящего количества следуют озимые злаки, двулетние и многолетние с мочковатыми корнями (подорожники), однолетние, и последнее место по

своему развитию занимают многолетние корневищевые злаки.

Причины перемещения групп следующие. Однолетники, размножающиеся только семенами, потому преобладали во время периода культуры, что семена их ежегодно запахивались при обработке почвы и прорастали раньше семян культурных растений. После прекращения обработки вновь созревшие семена остались на поверхности почвы в условиях, не благоприятных для прорастания вследствие больших колебаний влажности. Проросли лишь те семена, которые хотя и были прикрыты обработкой предыдущего года, но не проросли в последний год культуры в результате присущего сорнякам отсутствия дружной всхожести. Та же участь постигла и семена других групп, но у этих групп, кроме семян, были развиты и однолетние всходы прошлого года, которые раньше более или менее совершенно убивались обработкой, а с прекращением ее могли беспрепятственно развиваться. Из них группа сложноцветных (будяки), зонтичных и донников богата крупными высокорослыми представителями, и поэтому создается впечатление их преобладания. На самом же деле, они развиты, вероятно, равномерно по численности с растениями других групп, озимых злаков, двухлетних и многолетних с мочковатыми корнями, но из представителей этих групп сравнительно большими размерами отличаются лишь озимые овсюги и озимое куриное просо, которые и занимают второе место.

Далее следуют многолетние некрупные растения с мочковатыми корнями, и предпоследнее место перед однолетними сорняками занимают корневищевые многолетние (пырей). Их корневища встречают плотную, трудно проникаемую для воздуха почву, и поэтому как корневища, так и побеги сильно подавлены.

Правильность этого объяснения подтверждается следующим наблюдением. Часто на первогоднем перелог массами появляется молочай («компасное» растение, *Lactuca scariola* L.), представляющий превосходный и лакомый корм для крупного рогатого скота [не следует смешивать с настоящим молочаем (*Euphorbia* sp.), который скотом не поедается вследствие острого млечного сока].

В тех случаях, когда развивается молочай, скот пасут на бурьяновом перелог до глубокой осени, тогда как в случае отсутствия молочая скот пашется только



* Вольф Мартин Эвальд (1846—1901).

ранней весной, пока сорняки не заглубели, после чего скот их не трогает. В случае летней и осенней пастбы перелог на следующий год покрывается вновь сорняками, в которых в значительной мере восстанавливается та же последовательность порядка групп сорняков, какая наблюдалась в последние годы периода культуры, но с значительным ослаблением многолетних корневищевых вследствие уплотнения почвы осенней пастбой. *Впитывание семян сорняков во влажную почву при осенней пастбе заменяет прикрытие семян обработкой, тогда как весенняя пастба оканчивается до созревания семян сорняков, которые, осыпавшись, остаются на поверхности почвы в неблагоприятных для прорастания условиях переменной влажности.*

За исключением этих случаев, вызываемых поздней пастбой скота по бурьяновому перелогу, такой перелог продолжается только один год и на следующее лето покрывается сплошным травостоем пырея.

Такая резкая смена флоры объясняется происходящими в почве перелога изменениями условий.

Бурьяновый перелог равномерно покрыт растениями со стержневым корнем, сложноцветными, зонтичными и донниками. В первый год своего развития эти растения с весны развивают немногочисленную розетку, которая до второй половины лета развивается очень медленно. В это время все количество образуемых растением пластических веществ потребляется на развитие в длину тонкого главного корня. Он часто достигает глубины 2 м и на нижнем конце, достигшем влажных горизонтов почвы, сильно ветвится.

После того как корни этих растений достигнут горизонта породы, не зависящего в своей влажности от условий погоды, они начинают усиленно развивать новые крупные зимующие листья, и их корневая шейка и верхняя часть корня до глубины 30—50 см начинают быстро развиваться в толщину, достигая иногда в верхней части 5 см, нередко 7—10 см в диаметре. В таком состоянии они зимуют.

Весной будущего года, т. е. первого года перелога, эти растения на основе запаса пластического материала быстро развивают облиственные стебли и зацветают, образуя в половине лета спелые семена, после чего все растение отмирает.

При своем развитии в толщину корни этих растений оказывают сильное давление на почву, уплотняя ее в чрезвычайной степени. При этом почва вокруг корневых стенок растрескивается радиальными трещинами и часто приподнимается рыхлым холмиком.

После отмирания растений наступает быстрое аэробное разложение корня, защищенного почвой от колебаний влажности. Стебель в скором времени падает и отламывается. Открытый сверху широкий корень, обладающий обыкновенно трубчатой аэренхимой, быстро разлагается аэробным путем, и образующаяся гуминовоаммиачная соль растворяется в воде, получающейся при том же разложении, и раствор ее жадно впитывается сухой и сильно уплотненной почвой стенок полости, которую корень образовал в почве при своем развитии.

Впитанная почвой стенок образовавшихся полостей гуминовоаммиачная соль попадает в анаэробные условия, определяемые преобладанием аэробизиса на всей периферии стенок полостей. Здесь она разлагается по известной уже схеме, освобождая нерастворимый в воде гумин. Одновременно образуется и ульминовая кислота, которая пропитывает ту же почву. При замерзании почвы зимой ульминовая кислота обращается в ульмин и усиливает прочность почвы совместно с нерастворимым гумином.

Таким образом уже с осени почва бурьянового перелога вся пронизана коническими полостями глубиной от 30 до 50 см. Все количество осенней воды проникает в эти полости и жадно рассасывается по уплотненной почве стенок полостей. Весной, при таянии снега, полости вновь служат для задержания воды, так как они сохраняются вследствие большой прочности своих стенок.

На второй год перелога его почва содержит очень большой запас воды, и одновременно через полости, оставшиеся после корней будяков, в ее массу свободно притекает воздух. Эти условия особенно благоприятны для развития корневищевых злаков. Они тут находят и воду, и воздух, необходимые для их корневищ, и боль-

шой запас зольной и азотной пищи, частью поглощенной стенками полостей, частью непрерывно образующейся на их поверхности под действием аэробнозиса.

Пырейный перелог. Поэтому на второй год перелог сразу обращается в *пырейный* и из пастбищного угодья переходит в сенокосное. В редких случаях на таком перелогe вместо пырея, или остреда на южных черноземах, развивается чаполоть (*Hierochloë, odorata* Wahlb.), совершенно нестедобная корневищевая трава. В первый год пырей еще не достигает полного развития. Укосы его редко превышают 30 ц с гектара. Он развивается главным образом вокруг стенок полостей, оставленных корнями бурьянов. Но из этих фокусов корневища расползаются во все стороны по трещинам влажной почвы, и уже на второй год укосы пырея достигают своего максимума в 60—90 ц с гектара.

Густая сеть неглубоких корневищ пырея пронизывает почву во всех направлениях и при своем развитии оказывает двойное влияние, уплотняя стенки тех трубок, которые они пробивают в почве, и своим давлением приподнимая и разрыхляя поверхностные горизонты почвы. Так как пырей принадлежит к растениям луговой растительной формации, то отмирание его вегетативных органов происходит ежегодно в начале зимы, и разложение их совершается под влиянием анаэробного процесса с образованием ульминовой кислоты, консервирующей главную массу отмершего органического вещества.

Одновременно с поверхности почвы идет очень интенсивный, вследствие богатства органического вещества элементами золы, аэробный процесс и с момента цветения пырея (очень раннего) — образование новых корневищ и корней.

Под влиянием комбинации всех этих процессов в почве пырейного перелога постепенно обособляется комковатая структура, сначала грубая, едва намеченная отверстиями отмерших корней и корневищ. Постепенно растет число промежутков, заполненных мертвым органическим веществом. Под влиянием легкой проникающей в отверстия воды наполняющее их органическое вещество набухает, и под его давлением связь между отдельными участками массы почвы нарушается. Почва все больше и больше распадается на отдельные комки.

Между комками находится органическое вещество; после всякой зимы, во время которой накопленная ульминовая кислота обращается в нерастворимое состояние ульмина, образуется новое количество ульминовой кислоты, и прочность комков все возрастает.

По мере увеличения комковатости новые корневища развиваются в прежних ходах отмерших корневищ и, оставляя после себя новое количество мертвого органического вещества, все больше уплотняют ранее накопившееся.

Условия анаэробнозиса все больше сгущаются, органическое вещество все совершеннее сохраняется, и скоро все комки почвы оказываются изолированными друг от друга сплошной сетью упругого органического вещества. На поверхности почвы развился мощный горизонт упругой дернины.

Но постепенно изменяющиеся свойства почвы должны повлечь за собою и соответствующие изменения условий существования растений. Сначала под влиянием увеличивающейся комковатости почвы и ее прочности развивалась проницаемость почвы для воды и воздуха: рос запас воды и запас удобоусвояемой пищи. Росли и урожай пырея.

Однако по мере увеличения количества органического вещества его свойства все в большей мере передаются почве. Растет волосность почвы, и ее рост вызывает качественные изменения свойств почвы. Вода атмосферных осадков поступает в массу почвы посредством все большего преобладания волосного тока — более медленно. Вода и воздух все резче проявляют свои антагонистические свойства.

Запас воды в почве делается все меньшим и все менее прочным, и вместе с тем под влиянием накопления мертвого органического вещества в массе почвы все ярче выступают анаэробные условия. Под влиянием уменьшающегося запаса воды в почве урожай пырея тоже все уменьшаются. Кроме того, под влиянием все увеличивающегося анаэробнозиса корневища пырея принуждены с каждым новым поколением приближаться к поверхности почвы, где они попадают в усло-

вия резких колебаний влажности. Вследствие всех этих причин пырей вынужден постепенно уступить свое место рыхлокустовым, которые лучше приспособлены к создавшимся условиям.

Тонконоговый перелог. После 7—10-летнего существования пырейный перелог становится тонконоговым. Тонконогами называют рыхлокустовые злаки с слабо развитой листовой поверхностью: тонконог (*Koeleria gracilis* Pers.), степная тимофеевка (*Phleum Boeheimeri* Wib.), коостер прямой (*Bromus erectus* Huds.), житняк (*Agropyrum cristatum* Bess.). С появлением тонконогов урожаи сена на перелог сильно падают. В случае преобладания житняков или коостра урожаи падают до 15 ц с гектара, а в случае преобладания тонконогов — до 10—8 ц с гектара, и в последнем случае угодие переходит в разряд пастбищных.

Кроме того, появляется и группировка весенних эфемеров, использующих избыток воды первого весеннего максимума влажности, удерживаемой влагоемкой массой органического вещества, и изобилие пищи, продукта поверхностного аэробного процесса.

Во время тонконогового перелога процесс накопления органического вещества продолжается, но темп его становится медленнее. Тонконоговый перелог тянется 10—15 лет.

Как ни замедлен темп накопления органического вещества в почве тонконогового перелога, но он неизбежно должен привести к переводу всего запаса элементов пищи в почве в форму органического вещества, т. е. в состояние, не доступное усвоению автотрофными рыхлокустовыми злаками, и это, в свою очередь, приводит к смене их плотнокустовыми микотрофными злаками, типцами (*Festuca ovina* L., *F. sulcata* Hackel., *Avena desertorum* Less.). При этом ослабевшие тонконоги окончательно уничтожаются появляющимся в изобилии зеленым паразитом, волчком (*Thesium ramosum* Hayne), паразитирующим на корнях рыхлокустовых злаков.

Типцовый перелог. С установлением стадии типцового перелога урожаи его опять повышаются, хотя особенности развития типцов при виде плотных кустов заставляют редко прибегать к укосу, а обыкновенно типцовый перелог используют пастбой. Напомню, что у типцов надземные органы не отмирают на зиму, и поэтому типцы представляют единственные злаки, на использовании которых основана зимняя пастба. Появление типцов сопровождается несколькими процессами, которые находят себе полное объяснение при анализе условий среды, и все эти процессы, как и само появление типцов, представляют функции прогрессивного накопления органического вещества в почве. Кроме перевода элементов зольной пищи растений в состояние органических веществ, процесса, который вызвал появление микотрофных типцов, накопление органического вещества в почве вызвало и *чрезвычайное выражение волосности почвы*. Поэтому при весennem таянии снега вода не может проникнуть в массу почвы, поверхность которой напитана водой, неподвижной в волосных промежутках органического вещества. Эта вода содержит в растворе все продукты аэробного разложения поверхностного горизонта органического вещества, и благоприятная комбинация воды и массы зольной и азотной пищи вызывает бурное развитие весенних эфемеров. Роль эфемеров (и водорослей) здесь очень велика: при их отсутствии весь запас зольных элементов, освобожденных аэробным процессом на поверхности перелога, был бы снесен снеговой водой. Теперь он вновь переводится частью в надземные, частью в подземные органы эфемеров и отчасти используется автотрофной летней флорой типцового перелога, после разложения отмерших органов эфемеров, частью возвращается в почву перелога в виде живых и отживших зимующих органов эфемеров.

Вторую особенность типцового перелога представляет массовое появление глубоководных бобовых, преимущественно астрагалов. Оно находит объяснение в том, что при господствующем анаэробном разложении часть азотистых веществ консервируется, часть разрушается с выделением свободного азота, и азотное питание автотрофной флоры типцового перелога без посредства бобовых было бы затруднено. Понятно, что и почва перелога сильно обогащается азотом корневыми остатками бобовых.

Вследствие массового скопления органического вещества почва типового перелога приобретает способность сильно изменяться в объеме при высыхании и увлажнении. Это приводит к тому, что летом вся поверхность типового перелога покрывается зияющими трещинами. Покрытая трещинами почва перелога усваивает полностью все количество воды летних ливней и дождей, особенно ливней, так как трещины смыкаются медленно вследствие медленности волосного передвижения воды в органическом веществе. Под влиянием образующихся трещин, повидимому, должна повыситься и возможность пополнения летом запаса воды и повыситься урожай типового перелога.

Но присутствие плотнокустовых злаков с узлом кущения, расположенным выше поверхности почвы, вызывает новый процесс накопления мертвых органических остатков над поверхностью почвы перелога. Этот мертвый покров органического вещества вследствие своей влагоемкости в сильной мере задерживает доступ летней воды к почве, постепенно запас воды в почве перелога становится все меньшим, и большая часть его используется весенними эфемерами.

Ковыльная степь. Несмотря на приспособление к уменьшению испарения, типы все чаще начинают страдать от недостатка воды, травостой их все больше изреживается, и постепенно типы сменяются флорой еще более засухоустойчивых и изреженных кустов ковылей (*Stipa capillata* L., *S. pennata* L., *S. Lessingiana* Trin. et Pall.). На поверхности почвы между кустами ковылей появляется массами груншировка лишайников, мхов (*Tortula*) и водорослей. Эта груншировка исполняет роль весенних эфемеров во время летних ливней, усваивая минеральные продукты аэробного разложения. Типовой перелог перешел в ковыльную степь.

Значение этих стадий перелога чрезвычайно различно. В случае распахки перелога в бурьяновой стадии он не носит названия перелога, это — пар.

Мягкий и твердый перелог. Пырейный перелог, распаханный не ранее как через 4—5 лет после появления пырея, носит название мягкого перелога. В более ранних стадиях развития он представляет очень ценное сенокосное угодье, почему и не распахивается.

Тонконоговый перелог, равно как и типовой принадлежат к разряду твердых перелогов, и, наконец, угодье в стадии ковыльной носит название степи и большей частью считается целиной. При распахке таких угодий наблюдается последовательная смена процессов, которые во всей полноте следуют и за распахкой степи. После вспашки степи, которая производится летом, она обязательно отводится на один-два, иногда даже на три года под бабтан, или бабчу. Никакой хлеб на такой почве устоять не может, и он всегда полегает, а в годы засушливые выгорает. После всапки даже несовершенным плугом почва такой распаханной степи обладает идеально прочной структурой. Почва состоит из мелких комков, облеченных мертвыми органическими остатками и связанных между собой живыми корнями и побегами.

Под влиянием чрезвычайно обильного запаса воды и аэробного разложения огромной массы накопленных почвой органических остатков кущение хлебных злаков идет так бурно, что на такой почве не полегают только такие растения, которые от природы стелются по земле: арбузы, дыни, тыквы, огурцы и т. п.

Полегание зависит от того, что при большом запасе воды и большом избытке азотной пищи хлебные злаки очень сильно кустятся, причем образуют роскошно развитые широкие листья. Поэтому, когда начинается развитие стеблей, то их второе междоузлие, то, которое не остается укороченным, развивается при условиях значительного затенения. В таких условиях клеточки стеблей развиваются втрое длиннее, и стенки их достигают только половины толщины по сравнению с клетками, развившимися при полном освещении. В результате получаются стебли с длинным и тонким и потому слабым нижним, вторым междоузлем, которое подгибается под тяжестью развивающегося растения, и весь хлеб полегает. У полегшего хлеба процесс цветения и созревания протекает в ненормальных условиях затенения. Кроме того, в застойной атмосфере полегшего хлеба

развиваются ржавчинные и мучноросные грибы, спорынья и головня, и урожай гибнет.

Пластовые растения. Только через два, иногда три года, когда разложится основная масса органических остатков, расположенных между комками, и почва пластов осядет, можно начать посев зерновых хлебов. Но и здесь культура строго ограничена *пластовыми* растениями. Такие растения — твердые яровые пшеницы, пластовое просо, степной овес и лен-кудряш. Мягкие хлеба на таком пласту дают очень невысокие урожаи.

Пластовые растения отличаются чрезвычайной растянутостью фазы развития от прорастания до кущения, они очень долго, не меньше двух недель, остаются в состоянии одного побега с одним листом, и только по прошествии этого срока начинается их кущение. По этой причине пластовые растения не переносят засоренных почв, так как сорняки обладают противоположным свойством, чрезвычайно быстро начинают куститься. Пластовые растения легко заглушаются сорняками и на засоренной почве требуют полки.

Причина таких отношений пластовых растений лежит в том, что они представляют растения микотрофные и после прорастания на их корневой системе начинается развитие эктотрофной микоризы, и только после образования последней начинается их кущение, требующее значительного количества элементов пищи. В посеваемой же почве пласта все элементы пищи растений находятся в форме органического вещества, что ясно из того, что мягкие, автотрофные хлеба очень несовершенно питаются в тех же условиях.

Анализ кривой развития пластовых растений указывает и еще одну особенность их, которая обыкновенно трактуется как их требовательность к почве. Очевидно, что в течение периода, когда пластовые растения почти совсем не развивают надземных частей, они не только должны быть защищены от заглушения сорняками, но и запас воды в почве должен быть хорошо защищен от испарения из почвы *помимо растений, т. е. почва должна обладать прочной комковатой структурой.* Этому условию в совершенстве удовлетворяет почва пласта, и вместе с тем становится понятным, почему пластовые растения редко удаются на мягких почвах, утративших свою прочность.

Пластовые растения культивируются в течение двух, редко трех лет, после чего производится оборот пласта и дальнейшая культура по схеме, о которой будет подробно речь впереди.

При распашке перелога в стадии типцового происходит *сокращение периода культуры за счет уменьшения до одного года культуры базисных растений.* Почва обладает той же прочностью, как и в ковыльной степи, но количество органических остатков в ней гораздо меньше.

В еще большей степени происходит сокращение периода культуры в случае распашки тонконогового перелога. *Здесь период базиса совсем выпадает, и период культуры твердых или пластовых хлебов сокращается иногда до одного года.*

Твердые, мягкие и серые хлеба. Резкая количественная разница обнаруживается при переходе к распашке пырейного перелога. *Здесь совершенно отпадает возможность культуры твердых хлебов, и пырейные перелогы называются мягкими перелогам.* Почва пырейного перелога не только сохранила не потерявшие еще всхожести сорные семена, но даже при условии полки твердые хлеба на этих перелогих дают плохие урожаи. Прочность почвы их довольно удовлетворительна, но структура ее еще недостаточно развилась, она еще слагается крупными комьями, и почва благодаря глубокому проветриванию быстро теряет запас весенней воды. Чтобы получить желательную мелкозернистую структуру, приходится усиленно бороновать почву, она сильно при этом распыляется, и запас весенней воды в такой почве непрочен.

Деление на перелогі твердые и мягкие имеет большое экономическое значение. *Исчезновение твердых перелогов при господстве капитализма знаменует конец спекулятивного товарного хозяйства и переход к потребительскому, так как урожаи и мягких хлебов быстро падают и наступает период культуры серых хлебов, быстрого сокращения длительности пырейных перелогов и переход к паровой*

системе. Быстро распахиваются все угодия природной кормовой площади для утоления неукротимого земельного голода; появляются навозное скотоводство, безлошадные хозяйства, молебны на полях,— одним словом, все признаки хозяйства при паровой системе земледелия.

Из анализа процессов, происходящих в почве при ее оставлении в перелог и при распашке последних, совершенно ясно вытекает вывод, что весь процесс восстановления условий плодородия почвы распадается на три фазы. В первой фазе главным образом преобладает процесс восстановления структуры почвы сначала под влиянием корней бурьянов, а затем главным образом под влиянием корней пырея. Во время этих двух периодов происходит дифференцировка массы почвы на грубые структурные элементы; одновременно идет процесс закрепления их прочности. Но вследствие преобладания в почве аэробизиса темп развития второго процесса не может достигнуть большой интенсивности.

Во второй фазе протекают в равновеликой мере два параллельных процесса, детального обособления мелких структурных элементов под воздействием мочковатой, сильно разветвленной системы корней рыхлокустовых топконогов. Интенсивность этого процесса растет под влиянием сгущения условий анаэробизиса вследствие прогрессивного нарастания в почве количества мертвого органического вещества.

В третьей фазе два первых процесса начинают затухать по простой причине полного заполнения всех промежутков комка перегноем, и преобладающее значение приобретает третий процесс, приобретения прочности структуры и накопления мертвого органического вещества в почве, как и неизбежно связанное с этим процессом накопление азота и элементов зольной пищи растений.

Основа травопольной системы земледелия. Несомненный и высокий технический эффект переложной системы восстановления условий плодородия почвы заставил подумать над возможностью приспособления экономической стороны этой системы к современным условиям производства. Из продолжительного обсуждения этой задачи, на истории которого мы не можем останавливаться, и выработались основы травопольной системы земледелия. При этом обсуждении отрицательную роль, в смысле задержки окончательного разрешения, сыграло стремление к одновременному решению вопроса о восстановлении условий плодородия почвы и о борьбе с отрицательными последствиями применения не достигавшей цели паровой системы земледелия, главным образом с обострением кормового вопроса. Этот последний вопрос будет выделен и освещен отдельно.

Несомненная отрицательная сторона переложной системы — чрезвычайная длительность самого процесса восстановления условий плодородия почвы, достижение полного эффекта его требовало не меньше 15—20 лет. При этом и все фазы процесса также отличались длительностью.

Первая фаза процесса дает в результате раздробление массы почвы на грубые структурные отделы. Нельзя привести никаких логически обоснованных возражений против того, что тот же результат может быть достигнут целесообразной обработкой почвы. Нет также и экономических оснований, затрата работы и труда на эту обработку компенсируется отсутствием бурьянового периода, значение которого, как кормовое, так и с точки зрения создания массы органического вещества, равно нулю.

Вторая и главная фаза процесса растягивается благодаря постепенности заселения перелога главными деятелями этой фазы, рыхлокустовыми злаками, и очевидно, что эта растянутость может и должна быть в культуре сокращена посевом рыхлокустовых злаков. Возражать против этого нельзя, это очевидно.

Значение третьей фазы сводится к приданию структурным элементам прочности и к обогащению почвы перелога элементами зольной пищи растений и азотом глубокоукореняющимися бобовыми. Тот же эффект и в той же мере может быть достигнут в культуре одновременным и совместным посевом рыхлокустовых злаков и многолетних бобовых. Против этого также спорить нельзя.

Таковы три основных положения, на которых базируется травопольная система земледелия.

Технические основы травопольной системы до очевидности ясны и элементарно просты. Но они должны быть выполнены со всей строгостью, и никакие привходящие рассуждения не могут служить основанием для изменения этих основных требований.

Травопольная система земледелия ставит перед собою две задачи:

- 1) в кратчайший срок восстановить условия плодородия почвы и
- 2) обеспечить животноводство зеленой кормовой базой.

Многолетняя практика показывает, что стремление разрешить эти задачи в одном севообороте не удается. Поэтому травопольная система земледелия складывается в каждом конкретном предприятии (совхозе, колхозе) из полевого севооборота, обеспечивающего условия плодородия для зерновых хлебов и части технических растений, не страдающих от почвенных вредителей. Другой, кормовой, севооборот (приусадебный, прифермский, лугопастбищный) ставит себе целью удовлетворить в *каждом* сельскохозяйственном предприятии кормовой базой животноводство, без которого недостижима *высшая* производительность труда в сельском хозяйстве, одновременно кормовой севооборот создает возможность успешной культуры части технических растений, страдающих от почвенных вредителей.

ПОЛЕВОЙ СЕВООБОРОТ ТРАВПОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Построение паровых севооборотов. — Из каких элементов складывается травопольный севооборот. — Значение систем, слагающих травопольный севооборот. — Однолетние и многолетние злаки. — Многолетние бобовые. — Изменение состава растения после зацветания. — Агротехническое значение раннего укоса. — Состав травяного поля. — Семеноводство многолетних трав. — Клевера занятого пара. — Компоненты смеси травяного поля для различных зон СССР. — Пастьба на травяном поле полевого севооборота. — Время и глубина вспашки травяного поля. — Уход за травяным полем. — Основы чередования культур полевого травопольного севооборота. — Смысл клеверного пара.

Построение паровых севооборотов. Паровые севообороты, в сущности, состоят из одной системы ротации, т. е. последовательности культур. Они строятся на основе учения о *предшественниках*. Вся ротация, или весь севооборот, складывается из *звеньев*, состоящих из культуры и ее лучшего предшественника. Качества предшественника определяются его *природными* свойствами, например, способностью усваивать молекулярный азот, густотой кустов, хорошо угнетающих сорняки, и т. д. Другими словами, здесь нет стремления переделать природу, здесь просто берется то, что в природе есть.

Из каких элементов складывается травопольный севооборот. Травопольный севооборот складывается из *неразрывной взаимосвязи трех систем агротехнических мероприятий*. Это *система ротации, система обработки почвы и система удобрения растений*.

Неразрывность трех систем мероприятий, слагающих травопольный севооборот, — не только теоретическое соображение. Она представляет элемент огромной производственной значимости. Анализ результатов трудов ударников полей — стахановцев — и применяемых ими приемов показывает, что в случае соблюдения условий всех трех систем можно рассчитывать на урожай пшеницы, выражающийся величиной второй половины десятков центнеров, т. е. от 50 до 100 ц/га, в зависимости от качества выполненной работы. В случае вынужденного пренебрежения требованиями системы удобрений урожай пшеницы переходит в первую половину десятков центнеров, т. е. от 10 до 50 ц/га.

Если не соблюдены требования системы обработки, урожай пшеницы редко превышает 10 ц/га. Невыполнение требований системы ротации переводит севооборот в разряд паровых с их непредвиденными колебаниями урожаев пшеницы от 0 до 16 ц/га и с средним урожаем 7 ц/га.

Вышеуказанная зависимость величины урожаев от систем, слагающих севооборот, находит исчерпывающее объяснение в анализе значения каждой системы.

Значение систем, слагающих травопольный севооборот. Система ротации определяет накопление деятельного перегноя и придачу почве прочной структуры. От нее зависит *эффективность всех мероприятий*. Кроме того, она переносит зависимость урожая с поздних весенних и ранних летних дождей, какая имеется в паровых севооборотах, на *все годовое количество осадков, т. е. увеличивает количество воды, находящееся в распоряжении растений, в среднем в пять раз*.

Система обработки почвы ежегодно восстанавливает структуру почвы, утрачиваемую в течение вегетационного периода, и очищает почву от сорняков.

Система удобрения растений снабжает их пищей, регулирует реакцию почвы и снабжает микрофлору почвы органическим веществом.

Здесь уместно упомянуть, что эффективность всякого мероприятия в социалистическом сельскохозяйственном производстве мы оцениваем не по *техническому эффекту*, а по *экономической эффективности*, т. е. по количеству *труда*, в результате которого выявился технический эффект, *труда живого*, современного, и *труда прошлого*, воплощенного в средствах производства, машинах, материалах и, что особенно важно, в культурности почвы. При этом технический эффект, т. е. урожай, должен быть выражен в абсолютных величинах, а не в процентах.

Всякий травопольный севооборот включает поле многолетних трав и *начинается с него*. Под многолетней травой часто понимают чистый посев многолетнего бобового — клевера, люцерны и др. Не отрицая огромного кормового и агротехнического значения многолетних бобовых, нужно, однако, указать на вредную ошибочность этого мнения. В травяном поле совершенно одинаковое с бобовыми значение, и кормовое, и агротехническое, имеет многолетний злак, и при его отсутствии травяное поле может в весьма несовершенной степени исполнять свое *назначение*.

Однолетние и многолетние злаки. Поэтому прежде всего твердо установим разницу между однолетними и многолетними злаками. Различие между этими двумя группами злаков выявляется только начиная с фазы кушения. У однолетнего злака на некоторой глубине ниже поверхности почвы закладывается так называемый *узел кушения*. В промежуток времени между началом заложения узла кушения, которое выявляется в образовании корешков третьего порядка, и самим актом кушения протекает некоторое время, различное у разных рас злаков. Во время этого периода над узлом кушения закладывается большое количество очень укороченных междоузлий и узлов, так что по окончании этой фазы число почек может достигать весьма большого количества, измеряемого десятками. По окончании этой фазы из каждого укороченного узла развивается один корень. Когда корни окрепнут и охватят большой объем почвы, начинается развитие побегов по одному из каждого укороченного узла. Побег развивается под углом к первому вертикальному побегу и на некотором расстоянии от него закладывают самостоятельный узел кушения, который развивается в том же порядке, что и главный. Верхушечная почка побега второго порядка круто заворачивается кверху и выходит на поверхность почвы.

В то же время старшая почка нового узла кушения развивает свой самостоятельный побег, развивающийся по той же схеме. Такое развитие носит название *симподиального ветвления*.

Новые побеги из каждого узла развиваются в порядке последовательности своего заложения, но с чрезвычайно небольшими промежутками. Каждому побегу соответствует свой корень. Этот период кушения длится в течение короткого времени. В полеводстве ценятся такие расы, у которых этот период не слишком длинен. Причина заключается в том, что у каждого побега все последующие стадии развития наступают в порядке очередности образования этих побегов. Таким образом, если бы период кушения продолжался, предположим, три недели, то к моменту созревания поле состояло бы из растений совершенно спелых и огромного количества недозревших растений. Получилось бы пестрое поле, или двурослый хлеб, или хлеб с подгоном. И было бы совершенно невозможно определить момент уборки. Какой бы момент ни был выбран, он неминуемо будет связан с огромными потерями или вследствие осыпания перезревших растений, или вследствие укоса недозревших.

Многолетние злаки резко отличаются по характеру кушения. Остановка в росте между моментом заложения узла кушения и началом собственно кушения в год посева у них очень продолжительна и измеряется декадами. В это время происходит усиленное образование укороченных междоузлий и узлов в узле кушения, а вместе с тем в этом узле накапливается очень большое количество запасных питательных веществ, белков и углеводов. Из последних выделены три-тицин, хордеин, авенин. Количество запасных питательных веществ, отлагающихся в узлах кушения в листовом влагалище главного побега и в укороченных листовых влагалищах узла кушения, настолько велико, что основание главного

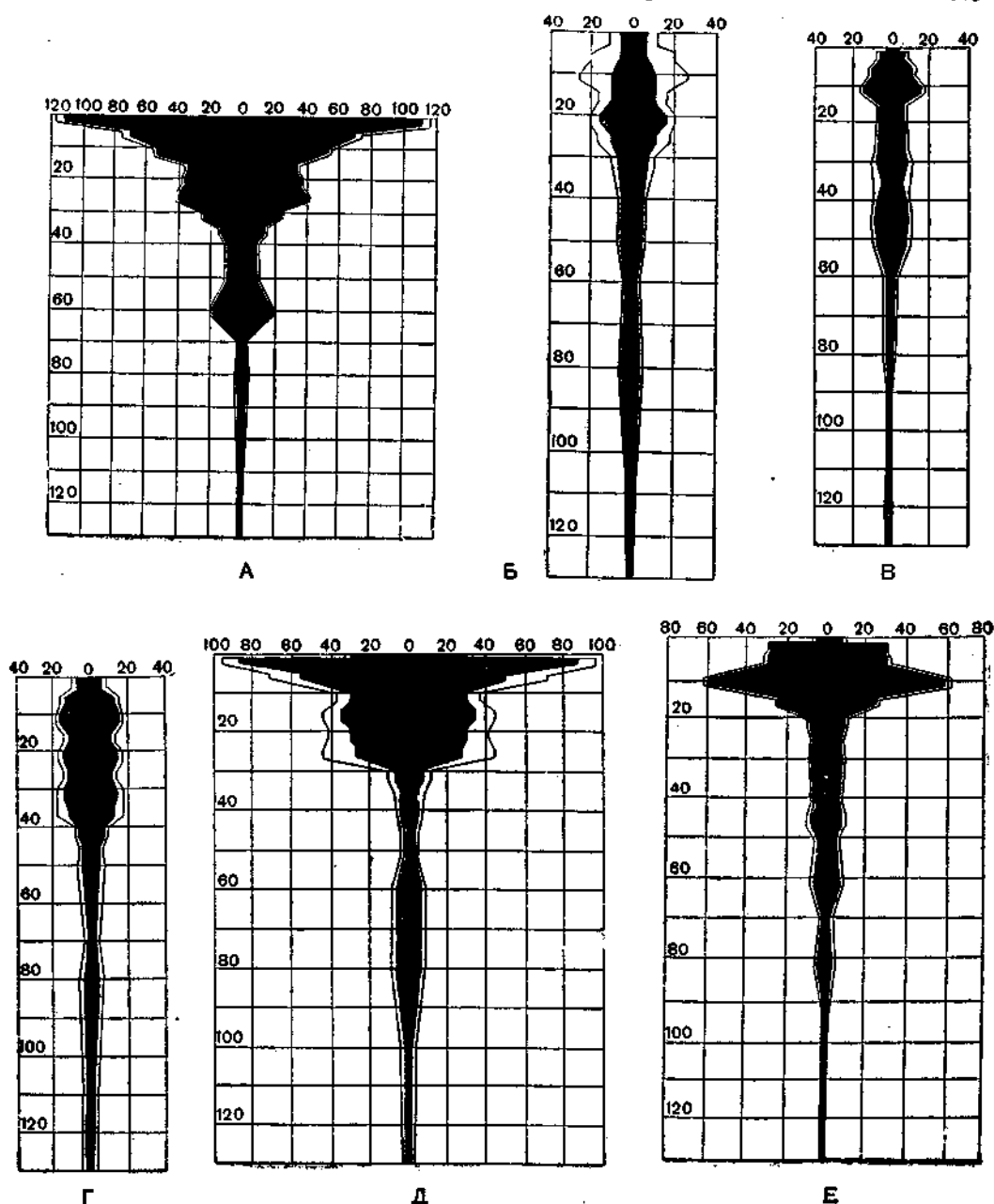


Рис. 136. Длина корней в миллиметрах на 1 см² почвы (по исследованиям Н. И. Савинова, под общим руководством акад. В. Р. Вильямса. Малоузенский солонцовый стационар Академии наук СССР, с. Алексашино, Питерского района, Саратовской области). Обозначения: числа по вертикали — глубина почвы в см, по горизонтали — длина корней в мм в 1 см² почвы. Черная фигура — корни свежие, неразложившиеся. Светлая фигура (включая площадь черной) — сумма свежих перезимовавших и старых полуперепревших корней. А. Целина черноземовидной почвы западни (IX 1937). Растительность: густота 9—10 (по десятибалльной шкале); злаковый покров (*Festuca*, *Bromus*, *Poa* и др.) с редким разнотравьем (*Phlomis*, *Thymus*, *Veronica* и др.). В. Орошаемая пшеница мягкая (*Triticum*). Урожай 1937 г. в стадии полной спелости, на столбчатом солонце (по обороту пласта целины). В. Орошаемая люцерна синяя 15 месяцев (посев VI 1936, изучен IX 1937) на столбчатом солонце. Г. Орошаемая люцерна желтая 16 месяцев (посев V 1936, изучен IX 1937) на столбчатом солонце. Д. Орошаемый житняк ширококолосый 16 месяцев (посев V 1936, изучен IX 1937) на столбчатом солонце. Е. Житняк узкоколосый пятизачатый (посев осенью 1932, изучен X 1937) неорошаемый, на каштановой почве склонов сыртов.

побега раздувается в форме луковички. Эти луковички ясно заметны у тимopheевки, ежи, французского райграса и у клубненосного ячменя достигают диаметра 10—15 мм. После окончания фазы накопления запасных питательных веществ, на основе этих запасных веществ, происходит быстрое развитие главного стебля, который зацветает и приносит спелые плоды. Одновременно с моментом начала его цветения начинается и процесс кущения. Повидимому, все вновь синтезированные после начала стеблевания питательные вещества, белки, углеводы, жиры, образующиеся в зеленой массе растения, направляются исключительно на образование новых побегов. Развитие же главного побега происходит исключительно за счет накопленных ранее запасных питательных веществ.

В отличие от кущения однолетнего злака, кущение многолетних злаков продолжается неопределенно долго. В странах, в которых ясно выражена зима, кущение длится до наступления устойчивых морозов. В тропических странах это кущение прекращается с концом периода дождей. В субтропиках эта фаза, повидимому, длится непрерывно (мне неизвестны точные наблюдения).

Само кущение многолетних злаков тоже отличается от кущения однолетних. Каждый вновь развивающийся побег накапливает массу запасных питательных веществ: белков, углеводов, жиров, и по достижении определенного запаса начинает куститься в свою очередь, причем вся масса питательных веществ, вырабатываемых всей наличной зеленой поверхностью, потребляется на образование новых побегов.

Главный стебель, после того как созреют семена, начинает удлиняться в нижних междоузлиях путем вставочного (интеркалярного) роста и полегает. При этом зеленая поверхность его не отмирает до наступления устойчивых морозов. Только с наступлением зимы главный побег (плодоносивший) отмирает со всей своей корневой системой. Отмирают также и подземные листья неплодущих побегов, за исключением типа (*Festuca sulcata* Hackel.) и степного овса (*Avena desertorum* Less.). Отмирают также и хронологически последние побеги, которые до наступления зимы не успели накопить достаточного количества растворимых углеводов. На следующий год все побеги, развивавшиеся в предыдущем году, образуют ранней весной стебли, зацветают и плодоносят. С момента зацветания каждый стебель многолетнего злака начинает куститься по той же схеме, как и в первый год.

Продолжительность жизни у разных видов и рас многолетних злаков бывает очень разнообразна. Разнообразно также и время пребывания побегов в укороченном состоянии. У огромного числа злаков это время измеряется 3—5 годами, но встречаются и такие расы, у которых оно может измеряться и гораздо большим периодом. В этом отношении особенно выдаются некоторые расы житняка ширококолосого (*Agropyrum cristatum* Bes.) и особенно костра лугового (*Bromus erectus* Huds.), который отличается изумительным многообразием рас, начиная от однолетнего (сорного) и до степной расы, у которой побеги остаются в укороченном состоянии более десятка лет.

Описанные особенности многолетних злаков с очевидной ясностью определяют тот момент, что разведение многолетних злаков производится исключительно подсевом. В культуре поэтому отличаются год посева или развития (жизни) и год пользования. Совершенно очевидно, что в год посева травостой, — количество цветущих стеблей будет равно числу посеянных всхожих семян, — будет чрезвычайно редкий. Этот момент и заставляет высевать многолетние злаки под покровом какого-нибудь однолетнего растения, убираемого косой или тереблением. При чистом посеве травяное поле будет изобиловать сорняками, которые могут окончательно заглушить посеянные травы. Не менее ясно, что свой максимальный урожай многолетние злаки могут дать только после второго укоса, т. е. на второй год жизни.

Многолетние бобовые. Многолетние бобовые, в сущности, развиваются по той же схеме; функцию узла кущения у них выполняет так называемая *корневая шейка* (подсеменодольное или надсеменодольное колено), из которого, кроме главного корня, длительность жизни которого равна длительности жизни расте-

ния, ежегодно развиваются из спящих почек побеги с придаточными корнями. Продолжительность жизни этих побегов и их корней измеряется одним годом.

Так же развиваются и глубококоренные растения (полынь, кермек).

Изменение состава растения после зацветания. Важно обратить внимание еще на одну особенность многолетних злаков и бобовых. Эта особенность касается изменения их состава, наступающего с момента зацветания. Цветение представляет первый акт полового размножения растения, оплодотворение семяпочки. В животноводстве давно известно, что первый акт размножения, осеменение, требует огромной затраты динамической энергии, и, как правило, в случной период как производитель, так и самка получают усиленный рацион сильных (белковых) кормов. Между тем в растениеводстве об этой биологической особенности забывают и считают, что наибольший урожай сена многолетних злаков и бобовых получается при косьбе растений в полном цвету. Но нужно усвоить, что на самый акт цветения растение затрачивает половину всех подвижных белков, равно как и такое же количество растворимых углеводов и жиров. В результате урожай сена, собранный при полном цветении, по меньшей мере на 10% меньше урожая, собранного до момента цветения, в стадии бутонизации. При культуре растения на травяную массу акт цветения никакого положительного производственного значения не имеет. Наоборот, с момента цветения начинается ухудшение кормового качества травы не только вследствие уменьшения наиболее ценных подвижных белков, углеводов и жиров, но и потому, что, начиная с этого момента, в растении усиленно развивается одревесневшая клетчатка, вследствие чего и кормовое достоинство сена сильнейшим образом падает. Укосы в полном цветении представляют причину того, что полевое сено в кормовых рационах в СССР стоит в статье грубых кормов, тогда как в Западной Европе, где установился уже обычай косить до цветения, сено в настоящее время считается концентрированным кормом. Насколько изменяется состав сена от срока укоса, видно из следующего примера. Пырейное сено, скошенное до цветения, всеми животноводами признается равным по кормовому достоинству зерну овса. То же пырейное сено, скошенное в цвету, по своему кормовому достоинству приравнивается соломе озимой пшеницы.



Рис. 137. Побеги из корневой шейки синей люцерны (фото Витте, Свалеф, Швеция).

Кроме того, ранний укос, т. е. укос во время бутонизации многолетних трав, гарантирует второй укос, почти равный по весу первому укосу. Другими словами, при поздних укосах получается вдвое меньший урожай сена и сено почти вдвое худшего качества.

Между тем это обстоятельство хорошо известно в семенных клеверных и люцерновых хозяйствах, в которых семена клевера и люцерны всегда получают

со второго укоса, так как цветение первого укоса всегда совпадает с летом клеверного долгоносика, и семена получаются очень плохого качества.

Кроме того, цветение второго укоса совпадает с летом мелких пшмелей, оплодотворителей клевера, почему и головки клевера второго укоса лучше выполнены.

Есть еще большое преимущество раннего укоса. Он всегда происходит до наступления периода летних дождей. Этот момент определяет качество сушки сена и возможность запасти в почве воду для следующего урожая, так как в бесструктурной почве запас воды летних дождей будет очень скоро испаряться, и неубранное сено будет препятствовать каким бы то ни было приемам задержания этой воды. Кроме того, нужно помнить, что самый процесс сушки складывается из трех моментов: во-первых, механическая потеря воды; во-вторых, потеря наиболее подвижных веществ (белков, углеводов, жиров) путем внутриклеточного дыхания и, в-третьих, из разложения тех же веществ грибами и бактериями, которые вместе с тем портят и самое сено. Поэтому самый важный момент представляет быстрая утрата воды скошенной травой (обжаривание солнцем) и после этого доведение сена до уборочной влажности в копнах. Во время дождливой погоды трава долгое время остается влажной, в ней происходит внутриклеточное дыхание, развиваются плесени и бактерии, которые быстро уничтожают все подвижные белки, углеводы и жиры, оставляя лишь одревесневшую клетчатку.

После раннего укоса немедленно производится сильное боронование травяного поля, в результате которого дождевая вода полностью поступает в почву, разрыхленная поверхность которой, представляя изолирующий слой, допускает испарение воды не более 15% всех выпавших осадков.

Агротехническое значение раннего укоса. Кроме кормового значения, ранний укос имеет огромное агротехническое значение. С точки зрения производственной, которая должна определяться в социалистическом государстве плановым заданием, трава в полевом севообороте представляет антагониста зерновым хлебам, в частности пшенице. И каждый год, посвященный культуре травы, уменьшает на такое же время пребывание пшеницы в севообороте. Противоположный подход к наличию травы в полевом севообороте встречается очень часто. Он возникает, когда хотят в одном севообороте разрешить три одинаково важных государственных плановых требования: развитие зерновых хлебов (пшеницы), обеспечение животноводства кормами и обеспечение высоких урожаев технических растений. Уже раньше была указана невозможность достижения этих задач в одном севообороте. И как раз эти три задания представляют причину требования в каждом сельскохозяйственном предприятии двух согласованных севооборотов: полевой севооборот решает задачу культуры зерновых хлебов и половины технических растений; севооборот кормовой решает вопросы зеленой кормовой площади и культуры второй половины технических растений. Из такого деления следует то, что в полевом севообороте значение травы исключительно агротехническое. Такой взгляд ни в какой мере не умаляет большого кормового значения травяного поля. Но он категорически указывает на то, что длительность пребывания травы в полевом севообороте должна быть сведена до возможного минимума.

В течение нескольких десятков лет в западноевропейской практике была установлена двухлетняя продолжительность пользования травяным полем *при одном укосе в год*, как минимальный срок, необходимый для восстановления прочности комковатой структуры почвы.

При таком использовании травы в массе почвы в течение времени пользования ею откладывается двойное количество отмирающих корней. Из этой массы мертвого органического вещества то количество ее, которое отложилось в первый год, в значительной степени подвергается разложению в течение второго года культуры. Можно принять как среднее, что у многолетних трав (луговой растительной формации) ежегодно разлагается половина отмерших корневых остатков. Из этого следует, что после вспашки травяного поля при двухлетнем пользовании им в почве останется полуторное количество ежегодно отмирающих корней. Если провести подобный же приблизительный учет при однолетнем двухукосном под-

зовании травяным полем, то в массе почвы в этот единственный год отложится следующая масса мертвых корней: после первого укоса — вся корневая система скошенных стеблей; после второго укоса — такая же масса корней вторично скошенных стеблей, кроме того, корни тех побегов отавы, которые образуются до вспашки травяного поля, т. е. всего не меньше двойного количества массы корней, могущей отложиться при одном укосе. Указанное представляет основную причину того, что в Западной Европе перешли уже к однолетней культуре смеси многолетних трав.

Не менее трудно усваивается привычными смотреть на травяное поле в полевом севообороте только как на кормовое угодие необходимость присутствия в травяном поле смеси многолетних бобовых и злаков. С известной точки зрения не без основания указывают, что многолетние злаки в первый год пользования дают малый урожай. Этот взгляд представляет остатки преклонения перед природными свойствами травы и происходит от неумения заставить многолетний злак давать полный укос в первый же год пользования. Этот момент целиком зависит от того, под какое покровное растение высеивается смесь трав.

Если подсеивать смесь трав под яровое покровное растение, то многолетний злак в первый год пользования даст сравнительно невысокий урожай, так как максимальный укос злаков получается на второй год их развития. Но если подсеивать смесь трав под озимые зерновые, то такой подсев производится в таком порядке. Многолетний злак высеивается одновременно с посевом озимого. В этом случае небольшой укос второго года жизни злака получится под покровом озимого хлеба и будет служить только для улучшения кормовых качеств озимой соломы. Величина этого укоса так незначи-

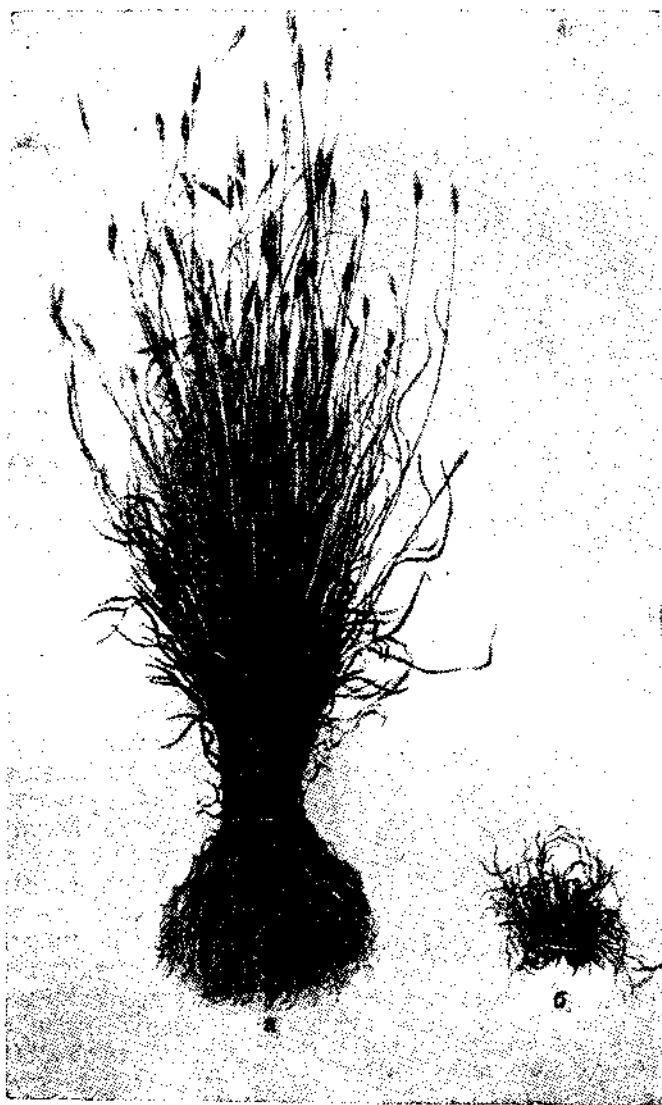


Рис. 138. Эффект осеннего и весеннего сроков подсева тимфеетки под озимь: а — подсев произведен 28/VIII 1935 г. одновременно с посевом ржи; б — весенний подсев в том же поле по оттаявшей поверхности почвы. Показано состояние тимфеетки в момент колошения ржи (опыт т. Власова И. А. на полевой станции Тимирязевской с/х академии).

тельна, что не влияет на сушку озимого хлеба, который немедленно после укоса может быть связан в снопы или может поступать прямо в молотилку комбайна. И на год пользования травяным полем приходится третий год жизни многолетнего злака, в который он и дает максимальный урожай.

Многолетнее бобовое подсеивается в озимый хлеб ранней весной, когда почва едва оттаяла с поверхности, в грязь, которая и засасывает семена, или разбросным посевом перед весенним боронованием озими, или рядовым посевом после весеннего боронования озими. Под покровом озимого бобовое растение разви-

вает очень небольшую зеленую массу, которая, как и масса многолетнего злака, не мешает уборке зернового, и в год пользования травяным полем дает максимальный урожай одновременно с максимальным урожаем злака.

Выше уже указывалось на равномерность распределения по всему растению питательных веществ в многолетних злаках и на неравномерность этого распределения в бобовых. В результате этой неравномерности и большого количества обводков при скармливании сена бобовых, особенно при одноукосном, позднем использовании люцерны в Соединенных Штатах Америки, было предложено перемалывать люцерну в муку, чтобы лишить скот возможности не съедать несъедобное. Зоотехническое значение этого приема очевидно, и в Европе этот прием не привился как ведущий к сильному понижению кормового значения бобовых. Этот прием в капиталистических странах представляет обширное поле для фальсификации кормовых продуктов.

Состав травяного поля. Одновременно нужно указать на очень большую роль значительной примеси многолетних злаков в сене травяного поля, в сильной мере облегчающей сушку многолетних бобовых. На основании всего сказанного и с точки зрения на траву как на корм травопольная система земледелия признает исключительно правильным состав травяного поля из смеси многолетнего злака и многолетнего бобового.

Еще больше оснований требования смеси злака и бобового заключается в агротехнических причинах, которые не позволяют указать, что ценнее, бобовое или

Р и с. 139. Корни люцерны на орошенных землях. Чистый посев. Ак-Кавакская опытная станция, Узбекская ССР.

злак, — они совершенно равнозначимы. Многолетний злак развивает корневую систему в самых поверхностных слоях почвы. Часто указывают, что корни многолетних злаков проникают до 2 м и больше. Но в данном случае важно не то, что отдельные корни проникают на большую глубину, а важно то, что *подавляющая масса корневой системы развивается в слое верхних 20 см почвы* (рис. 136, 139, 140, 141). Значение злака в придаче почвы структуры не подлежит сомнению. Не подлежит сомнению также и способность многолетнего злака, яркого представителя луговой растительной формации, накапливать в верхнем слое почвы перегной. Но при разложении корневой системы злака выделяется слишком малое количество таких соединений кальция, которые могли бы образовать катион кальция. Поэтому перегной, образуемый одним злаком, отличается недостаточной прочностью. С другой стороны, корни многолетних бобовых, вследствие большой потребности бобовых в кальции, развивают на некоторой глубине, соответствующей

шей скоплению углекислой извести, большое количество мелких разветвлений. В верхних же слоях почвы некоторые многолетние бобовые (люцерны) образуют мало ветвящиеся стержневые корни, которые придают почве форму структурных отдельностей не могут (рис. 139). Их значение иное.

Верхняя часть корня многолетних бобовых представляет корневую шейку, в которой скопляется большое количество питательных веществ, в том числе и белков, которые содержат значительное количество серы и кальция. При разложении этих корневых шеек, кроме углекислой извести, образуется значительное количество азотнокислого и сернокислого кальция, которые при электролитической диссоциации образуют катион кальция. Катион кальция поглощается перегноем, образующимся во время распада корней злака, и придает перегною свойство прочности, т. е. способность не размываться водой.

На этом основании травопольная система предъявляет категорическое требование, чтобы травостой травяного поля состоял из равных количеств стеблей многолетних злаков и бобовых. Это требование нельзя понимать как необходимость посева равного по весу количества семян бобового и злака. При расчете состава смеси семян необходимо учесть разницу в весе семян бобового и плодов злака, и так как в грубом приближении семена бобовых втрое больше весят, чем зерновки злака, то очевидно, чтобы получить приблизительно равное число всходов тех и других растений, смесь должна состоять по весу из двух третей семян бобовых и одной трети зерновок злака.

Часто не понимают разницы между однолетним использованием смеси многолетних злаков и бобовых при двухукосном использовании и такой же смесью однолетних растений. Неоднократно приходится слышать о замене посева многолетних злаков смесью однолетнего двухукосного злака и двухукосного однолетнего бобового. К числу таких смесей принадлежит часто рекомендуемая смесь суданки с соей. Нисколько не уменьшая большого значения как кормовой мешанки смеси суданки и сои, следует обратить внимание на то, что после второго укоса вся корневая система и суданки, и сои отмирает. Это отмирание происходит приблизительно за месяц до наступления зимних морозов и в условиях очень значительной сухости поля, весь запас воды которого использован суданкой и соей на создание их огромного второго укоса. И уже через две декады после второго укоса найти остатки корневой системы мешанки в почве нельзя. Все отложенные корни вполне разложились под влиянием аэробного процесса. И несмотря на бесспорно очень высокое кормовое значение этой смеси, она не имеет никакого значения как агротехническое средство. Она так же требует при своей культуре разрушения перегноя, как и рожь, овес, ячмень, шеница и другие однолетние растения.

Поэтому очень важно запомнить, что никакая кормовая смесь однолетних трав не может заменить травяного поля из смеси многолетних злака и бобо-

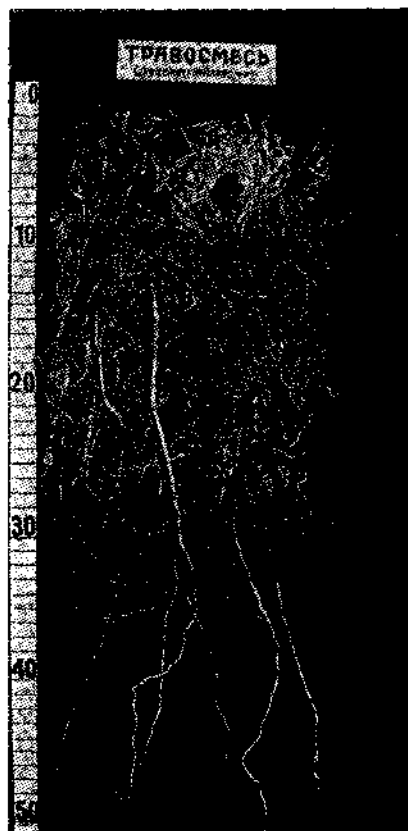


Рис. 140. Корни той же люцерны, что и на рис. 139, но посеянной с примесью райграсса французского, дающего массовое разветвление многолетних корней в первых 30 см пахотного горизонта.

вого как агротехнического средства периодического восстановления условий плодородия полевой почвы.

Семеноводство многолетних трав. Часто отсутствие травяного поля стараются оправдать «объективными» условиями: недостатком семян многолетних трав. Но это пустая отговорка. Если нет семян, то нужно их получить. И задача получения семян представляется чрезвычайно легко выполнимой. Частое обвинение в кустарщине при получении семян в каждом колхозе и совхозе также, очевидно, неправильно, потому что в этом случае пришлось бы признать и производство семян пшеницы, ржи и других зерновых хлебов за кустарщину.

Нельзя смешивать сортосмену и обновление сортовых семян с производством обычного посевного материала. Вместе с тем в настоящее время производство семян многолетних трав в каждом колхозе и совхозе представляет могучее средство для выявления местных сортов, которые за последнее время перепутаны, смешаны и утрачены. Возобновление их и выявление новых сортов дадут богатейший материал для селекционной работы и для производства.

Получение семян бобовых несколько сложнее получения семян многолетнего злака по той причине, что до последнего времени при одноукосном использовании поля многолетних трав по той же системе неоднократно пытались получить и семена бобовых. Неудачи такого приема и послужили причиной взгляда на получение семян бобовых как на трудное дело и до известной степени влияли на высокую цену семян, особенно клевера. В действительности дело обстоит так. Цветение клевера первого укоса совпадает с летом клеверного долгоносика, который откладывает яйца в только что завязавшиеся семенопочки клевера, и семена первого укоса получают отчасти выеденными личинками долгоносика, отчасти с значительным содержанием куколок долгоносика. Та-



Р и с. 141. Корневая система красного клевера. Ветвление с самой поверхности почвы, максимум разветвлений сосредоточен в пахотном слое почвы (коллекция Почвенно-агрономического музея им. В. Р. Вильямса).

ким образом всхожесть таких семян очень невелика, равно как невелико количество семян, получающихся после отделения выеденных семян. Урожай клеверных семян при таком способе получения их измеряется 1—2 ц с гектара, что не могло не влиять на высокую продажную стоимость этих семян.

При двухукосном пользовании полем многолетних трав семена их получают исключительно со второго укоса первого года пользования. Первый укос, в фазе бутонизации, используется только на сено, после уборки которого поле удобряется суперфосфатом и основательно пробороновывается. Азотное удобрение

никогда не вносится. После этого клевер и тимopheевка дают хороший рост, обильное цветение и быстрое созревание. Уборка семенных участков производится косилками, после чего травы вяжутся в небольшие снопы, которые досушиваются в суслонах, не прикрываемых сверху раздвоенными снопами. После того как головки клевера будут легко вытираться на ладони, клевер немедленно поступает на клеверную молотилку, немедленно вытирается, сортируется и убирается в хранилища.

Ни под каким видом нельзя откладывать молотьбу клевера до зимы. При складке его в стога получается огромная осыпка, и самый стог служит приютом для мышей, которые не столько поедают семена, сколько разрушают целостность головок. Это в конечном итоге выражается в чрезвычайно малом выходе семян.

При вышеописанном способе получения семян клевера урожай его поднимаются до 4—6 ц с гектара.

То же касается и люцерны. Второй предубеждение при получении семян клевера представляет некритическое копирование приемов получения селекционных сортовых семян клевера, когда клевер или люцерна высеваются широкими междурядиями, что делается исключительно с целью сортовой полки. После такой сортовой полки неминуемо следует пропашка междурядий, которая предпринимается только вследствие затаптывания междурядий во время полки, а никакого влияния на повышение качества или количества урожая не оказывает. Ширина же междурядий в сильнейшей степени сказывается на снижении количества урожая, с чем приходится мириться ради получения чистосортных семян. Небольшая экономия семян при сниженной норме посева в ширококормном посеве перекрывается большим снижением урожайности.

При воспроизводстве семян сортового клевера или местного ширококормная культура чистого посева клевера не находит оправдания. Поэтому семена клевера и тимopheевки получают одновременно, и разделение их представляет задачу элементарной простоты. При культуре люцерны и житняка на семена необходим раздельный посев их на специальных семенных участках, так как семена люцерны и житняка созревают одновременно.

Солома семенных клевера и тимopheевки представляет корм значительной

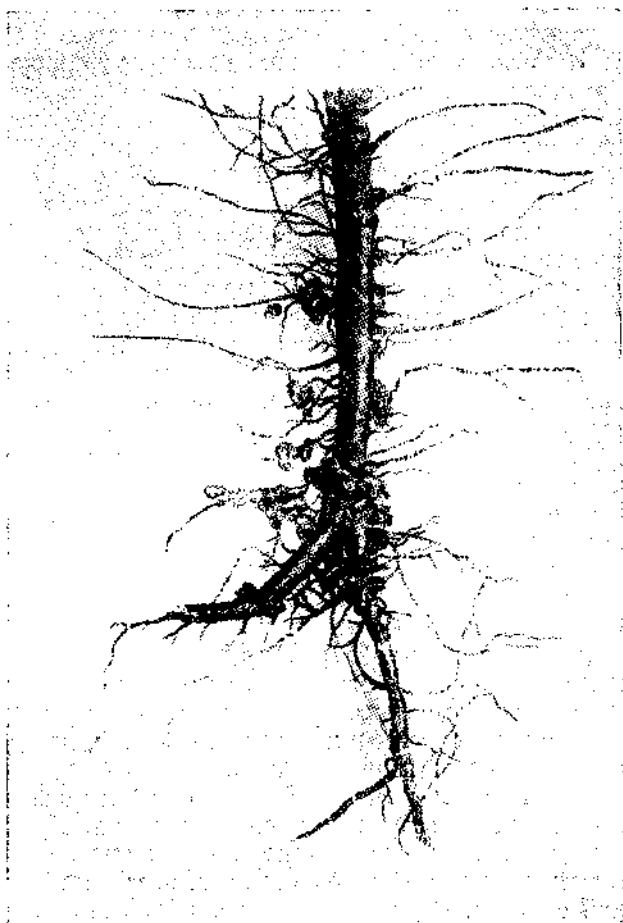


Рис. 142. Образующиеся на корневой шейке голубой люцерны мелкие корешки с клубеньками отмирают ежегодно. Многолетние разветвления корня люцерны начинаются в нижней части пахотного слоя и максимума достигают на глубине 0.5—1.0 м. У туркестанской люцерны корневая шейка укорочена, а ветвление многолетних корней начинается ближе к поверхности почвы (По Витте, Сваеф, Шеуця).

ценности, равно как и мякина. Поэтому складывать их тотчас в большие ометы не следует, так как они при молотье еще не в состоянии уборочной сухости. Их нужно предварительно подсушить и затем сложить в скирды, прикрыв их сверху озимой соломой.

Клевера занятого пара. Разнообразие условий огромной территории СССР заставляет выделить по крайней мере три группы комбинаций многолетних злаков и многолетних бобовых, отвечающих в большей или меньшей степени условиям северной, южной и среднеазиатской областей СССР.

В северной области право гражданства завоевала смесь тимopheевки с красным клевером, расы так называемых «орловского» и «пермского» клевера и «вологодской» тимopheевки. При этом выбор должен склоняться к поздним расам этих растений, так как ранние расы их, особенно американские тимopheевки, дающие колосовидные метелки длиной до 20 см и огромное количество семян, обладают вместе с тем свойством очень быстро деревянеть, обгоняя в своем развитии клевера смеси и сильнее всего понижая качество сена. Американские тимopheевки, как и южные «двухукосные» клевера, отмирают очень рано, и их ежегодно отмирающие корневые остатки хотя и остаются в непаханной почве, но при условии слишком отдаленного срока от осеннего минимума ее аэрации разлагаются под влиянием аэробного процесса.

Компоненты смеси травяного поля для различных зон СССР. Двухукосные клевера (клевер Водиско, «южно-русские» клевера и «южно-европейские» клевера) представляют результат неправильно понимаемой задачи травяного поля. В Соединенных Штатах Америки выведены многочисленные расы многолетнего красного клевера. Из них обращает на себя внимание *однолетняя* раса «мамонтового» клевера (Mammoth red clover), раса, изумительная по своей продуктивности и раннему сроку укоса. Посеянная рано *весной* в занятом пару, эта раса дает полный, очень обильный укос через полтора месяца. После уборки в стадии бутонизации получается второй укос, превышающий первый по весу. После уборки второго укоса растение отмирает. Значение этой расы в занятом пару во много раз превышает хозяйственное значение широко принятых посевов вики с овсом. *Полые стебли* «мамонтового» клевера чрезвычайно быстро высыхают и при сушке сена достигают уборочной сухости одновременно с листьями и головками в пределах 3—4 дней, не требуя никакого развешивания на специальных приспособлениях.

Вика не имеет полого стебля, обладает очень тонкими листовыми черешками и очень легко осыпающимися листочками. При посеве даже в смеси с преобладающим овсом укос состоит из двух масс, совершенно различно относящихся к высушиванию. С одной стороны, овес и листья вики быстро достигают уборочной сухости. С другой стороны, длинные стебли вики очень медленно сохнут. Такая разница свойств массы укоса совершенно исключает возможность ворошения сена, которое неминуемо будет сопровождаться осыпкой всех листьев вики, ее соцветий, равно как листьев и колосков овса. Поэтому приходится прибегать к сушке в копнах, при которой потери на внутриклеточное дыхание колоссально велики, так как влажность стеблей непрерывно поддерживает тургор листьев не только вики, но и овса, и получается так называемое самопрелое, или бурое, сено очень невысокого кормового достоинства. Кроме того, такой прием сушки связан с большими потерями листьев и соцветий при метании стогов и strawлинии. И большинство наиболее ценных веществ затапывается скотом в навоз, куда, в конце концов, проникает большое количество оббедков стеблей.

Другой способ, заменяющий первый, очевидно, не удовлетворяющий производству, — сушка на вешалах, изгородях или вентилируемых копнах. Эти приемы сушки до сих пор пользуются широким распространением в Швеции, Норвегии и Финляндии, в странах, изобилующих лесом. Очевидно, что эти приемы представляют приемы мелкого крестьянского хозяйства и мало совместимы с крупным сельскохозяйственным производством в СССР.

Кроме того, сено вики с овсом требует чрезвычайно быстрой уборки, как только овес выкинет метелку, причем нельзя допускать образования зачатков семян

овса. Эти зачатки представляют лакомый корм для мышей, и стог вико-овсяной смеси пронизывается во всех направлениях ходами мышей, которые не столько поедают, сколько портят весь стог мышиным запахом, который никакой скот не выносит.



Р и с. 143. Испытание клеверов на питомнике трав кафедры почвоведения Московского с-х ин-та в 1908 г. и позже. Делянки крайние слева и справа — клевера «пермские» и «орловские», в середине на переднем плане клевера «двухукосные» южные.

Все эти обстоятельства, с моей точки зрения, требуют скорейшей замены вико-овсяной смеси как однолетней мешанки, не соответствующей условиям крупного механизированного социалистического хозяйства. Попытки в этом направлении неоднократно производились введением в культуру на юге России пер-



Р и с. 144. Испытания клеверов там же и тогда же, что и на рис. 143.

сидского клевера, хабдара, шабдара или шаптала (*Trifolium resupinatum* L.), обладающего также полым стеблем и быстро сохнущего. Но разведение семян его селекционными станциями не предпринималось. Оригинальные же персидские или афганские семена часто на 50% состоят из семян кускуты нескольких видов. На севере России были попытки вводить инкарнат (*Trifolium incarnatum* L.).

tum L.). Существуют две расы инкарната, белый инкарнатный и красный. Обе расы, кроме того, разделяются на две разновидности: ранний и поздний инкарнаты. Ранний дает очень малые укусы, и, кроме того, его длинные головки с сильно опушенными чашечками не поедаются скотом, а волоски вызывают воспаление слизистых оболочек, век. Поздние расы не отличаются таким значительным процентным содержанием головок, дают значительные укусы, но отличаются крайней позднеспелостью, почему на них останавливаются как на хорошем материале для зеленого удобрения.

Поэтому я считаю, что единственным растением для получения раннего зеленого корма в занятом пару представляется «мамонтовый» клевер.

В России имели место многократные попытки выписывать самые лучшие «американские» клевера. Как таковой обыкновенно присылали «мамонтовый» клевер, предполагая, что русские агрономы знают его качества. Но русские агрономы подсеивали «мамонтовый» клевер или под покров ржи, или под покров овса.



Р и с. 145. Испытание клеверов в тех же условиях, что и на рис. 143. У изгороди делянки с вымерзшими расами двухукосных клеверов. На переднем плане делянка перезимовавших северных рас клеверов.

Понятно, что однолетний клевер давал колоссальный укос вместе с рожью и овсом, чем окончательно портил уборку и того, и другого, и после этого вымерзал.

В южной Европе, когда еще смотрели на травяное поле как на кормовую базу, «мамонтовый» клевер привился под названием «двухукосного южно-европейского» клевера. Оттуда он проник на юг России, где приобрел известность под названием «южно-русского», или клевера Бодиско. Из предыдущего изложения очевидно, что «южно-русский двухукосный» клевер (равно как и «южно-европейский») никакого агротехнического значения в травопольном севообороте не имеет. Он преследует только цель создания кормовой площади и эту задачу также выполняет несовершенно. «Южно-русский двухукосный» клевер, равно как и «южно-европейский», хотя и ведут свою историю от «мамонтового», но в результате помеси утратили основное преимущество последнего — полный стебель.

Но введение двухукосного клевера сильнейшим образом засорило механически и помесями оригинальные средне-русские и пермские расы клевера. Поэтому важнейшей задачей селекционных учреждений представляется работа над восстановлением старых линий этих клеверов.

Для южной и юго-восточной области можно считать уже достаточно испытанными растениями для травопольной смеси подвергавшиеся продолжительному отбору проф. В. С. Богданом расы житняка (*Agropyrum cristatum* Bess.), желтой люцерны (*Medicago falcata* L.) и люцерны средней (*Medicago media* L.), природ-

ного и искусственного гибрида люцерны посевной и желтой. Кроме указанных видов, обращают на себя самое серьезное внимание горячо рекомендованные агрономом И. Н. Клингеном костер прямой (*Bromus erectus* Huds.) и альпийский клевер (*Trifolium alpestre* L.). С прямым костром мне не удалось закончить работы, но на основании уже имеющегося опыта я могу только присоединиться к рекомендации Клингена.

Гораздо хуже обстоит дело с областями азиатской части СССР и в частности средне-азиатской, где особенно остро ощущается необходимость введения травопольной системы. Насколько я осведомлен, до последнего времени для этой области почти не было попыток селекции местных видов многолетних злаков и бобовых. Между тем многие виды заслуживают серьезнейшего внимания, например, *Agropyrum sibiricum* Eichw., *Lolium perenne* L., *Bromus erectus* Huds., *Hordeum bulbosum* L. и некоторые другие из семейства злаков. В Соединенных Штатах Америки пользуется широким распространением смесь бескорневищного пырея (*Agropyrum tenerum* Vasey) и средней люцерны (русской!). Бывшие в моем распоряжении образцы *Agropyrum tenerum* Vasey (восемь образцов) все отличались недостаточной продолжительностью существования (три года жизни при возможности лишь одного года пользования), и не носили никаких следов подбора, но, повидимому, сильно заслуживают внимания селекционеров. Заслуживают также внимания некоторые испанские расы эспарцета (*Onobrychis viciifolia* Scop.).

Рассмотрим более подробно наиболее важные для травопольной системы многолетние травы как для орошаемого, так и для неорошаемого земледелия этой части СССР.

Прежде всего обращает на себя внимание житняк узкоколосый, который в последнее время недостаточно ясно отчлениают от житняка ширококолосого, который был уже рассмотрен выше. Узкоколосый житняк (*Agropyrum sibiricum* Eichw.) представляет совершенно другой вид и принадлежит к плотнокустовым злакам. Он имеет огромное значение при биологическом улучшении всех солонцов и солонцеватых почв, на которых житняк ширококолосый не удается. Между тем единственный способ освоения солонцов и солонцеватых почв представляет одновременное воздействие на них внесением гипса или серы, или колчеданных огарков и посев смеси узкоколосого житняка и желтой люцерны.

Повидимому, большое значение при неорошаемом земледелии будут иметь местные расы английского райграса (*Lolium perenne* L.), обильно развитого на целинных землях бб. Акмолинской и Тургайской областей. Его ценность подчеркивается обильным кущением и чрезвычайно хорошо облиственной массой стеблей и способностью противостоять поражениям ржавчинами и выносить суровые бесснежные морозы.

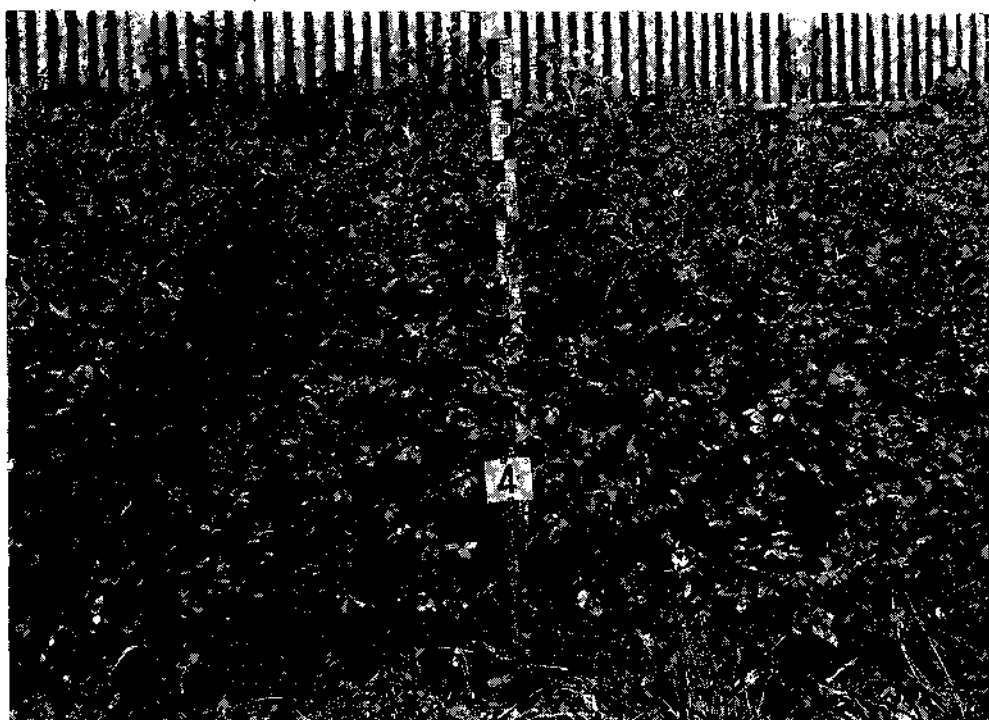
Степные овсы (*Avena desertorum* L.), о которых уже упоминалось выше, также обращают на себя внимание как огромной массой облиственных стеблей, так особенно развитием корневой системы, отличающейся чрезвычайно богатым разветвлением как раз в самых поверхностных слоях почвы.

О степных кострах (*Bromus erectus* Huds.) упоминалось выше.

Луковичный ячмень (*Hordeum bulbosum* L.), очень часто встречающийся в солонцеватых степях юго-востока, при культуре отличается очень высоким ростом, богато облиственными стеблями и широкими лентообразными листьями. Кроме того, у него чрезвычайно развиты луковички при основании стеблей, достигающие 1—2 см в диаметре и представляющие лакомый корм для свиней. При своей скороспелости луковичный ячмень мог бы служить превосходным злаком для организации свинных пастбищ.

Кроме указанных, В. С. Богдан еще обращал внимание селекционеров на необходимость ввести в культуру солонцовые и солончаковые расы многолетних ячменей и видов *Atropis*, из которых обращает на себя внимание солончаковый вид *Atropis festucaeformis*.

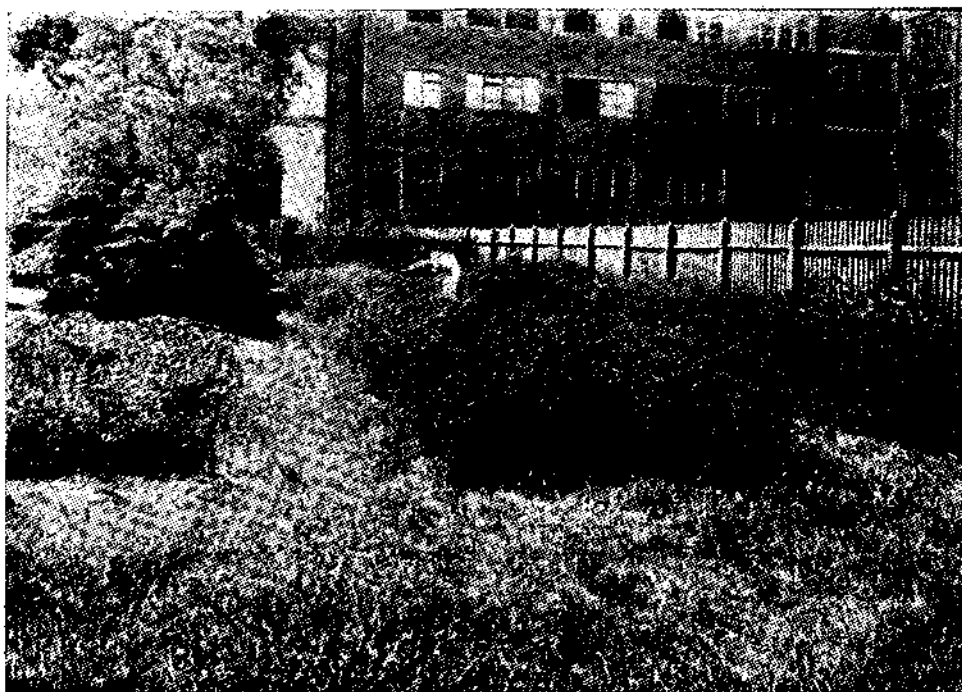
Не менее важно подвергнуть селекционному подбору вид американского бескорневищного пырея (*Agropyrum tenerum* Vasey), пользующийся широким применением в Западной Сибири в травопольных севооборотах. Все бывшие в моем



Р и с. 146. Валуйская гибридная (синияхжелтая) люцерна (*Medicago media*).
Выращена в Москве, посев июнь 1937 г., сфотографирована в июне 1938 г.



Р и с. 147. Желтая люцерна (*Medicago falcata*). Выращена в тех же условиях, что и валуйская гибридная (см. рис. 146). В диком виде успешно зимует от полярного круга до тропика Рака.



Р и с. 148. Направо до фигуры человека желтая люцерна. Налево перед деревьями двуххвостный клевер. Москва, Тимирязевская с/х академия, 1938 г.



Р и с. 149. Американский пырей. Семена получены от Казалинской опытной станции. Выращен в Москве, в Тимирязевской с/х академии, 1938 г.

распоряжении образцы оригинальных выписанных из Соединенных Штатов Америки семян представляли совершенно сырую смесь самых разнообразных популяций, начиная от двухлетних и до очень многолетних рас. В последнее время селекцией его, повидимому, занялись некоторые западно-сибирские научно-исследовательские учреждения, но результаты этих работ, насколько мне известно, не опубликованы.

Самого пристального внимания заслуживает бекмания (*Besckmannia eruciformis* Host.). Широко распространенная от полярного круга до тропика и богато представленная в среднеазиатских степях бекмания отличается тем, что переносит сильное засоление почвы и по моей рекомендации уже пользуется широкой известностью в Соединенных Штатах при борьбе с процессом вторичного засоления орошаемых земель.

Из бобовых должен быть подвергнут селекционному отбору земляничный клевер (пустоягодник, *Trifolium fragiferum* L.), широчайшим образом распространенный как в степях Закавказья, так и среднеазиатских республик, присутствие которого, однако, даже отрицается многими советскими геоботаниками вследствие того, что он сгрызается даже ниже поверхности почвы пасущимися овцами и несмотря на это все-таки каждую весну дает богатое отрастание. Это тем более важно, что пустоягодник вместе с французским райграсом имеет большую заслугу в обращении в культурное состояние солонцов и солончаков южной Франции, о которых в настоящее время не сохранилось даже воспоминаний, тогда как 50 лет назад вся обширная область Камарги (*La Camargue*) представляла сплошное пространство солонцов и солончаков.

Обращают на себя внимание чрезвычайно обильные природные гибриды желтой и синей посевной люцерны (*Medicago media* L.), которые даже при массовом отборе дают превосходные культурные растения. Два природных гибрида, улучшенные в б. питомнике кафедры почвоведения Тимирязевской сельскохозяйственной академии массовым отбором, образцы которых были переданы мною в 1912 г. проф. Ганзену, пользуются в настоящее время широчайшей известностью в Соединенных Штатах под названием черной и казацкой люцерны (*Nansen's cherna and cossack alfalfa*). Они в настоящее время вытеснили знаменитую «grimмовскую голубую» люцерну, которая, к сожалению, начинает сейчас пропагандироваться в СССР.

При культуре травопольной смеси оставление растений на травяном поле для производства семян ни в какой мере не составляет препятствия для достижения цели травопольного севооборота. Но ни под каким предлогом не может допускаться пастьба скота на травяном поле. Самый разрушительный фактор, уничтожающий структуру почвы и ее прочность, — пастьба скота, в особенности мелкого, и в еще большей степени домашней птицы, независимо от состояния влажности почвы.

Пастьба на травяном поле полевого севооборота. Замена укосов пастьбой безусловно недопустима. Если укос производится конной тягой, то лошади должны быть кованы не только для облегчения их работы, но и с целью уменьшения разрушительного действия копыт на структуру почвы. Если укос и возка производятся механическими двигателями, то они должны быть снабжены гусеничными колесными приспособлениями, не только тракторы, но и повозки. Колеса кулачные, рифленные и тому подобные приносят огромный вред травам.

Все соображения об экономическом значении использования отавы посредством пастьбы, о значении удобрения толокой, о возможности исправления вреда пастьбы бороньбой и тому подобные разбиваются о размеры непоправимого вреда, причиняемого пастьбой. Отава должна убираться косьбой. Нужно все время помнить, что культура многолетних трав на поле есть агротехническое средство, а не цель культуры.

Время и глубина вспашки травяного поля. Еще более важный момент травопольной системы — время вспашки травяного поля. Само собой разумеется, что она должна производиться исключительно плугом с крутым рухляковым отвалом и предплужником. Применение винтовых, полувинтовых или средних отвалов

со скимкольтером или джойнтером безусловно недопустимо, так же как и употребление рыхловых отвалов без предплужника. Может применяться только культурная вспашка на глубину не меньше 20 см (под «культурной вспашкой» следует разуметь вспашку плугом с предплужником).

Нужно твердо запомнить, что никакой прогресс в сельскохозяйственном производстве немалым при глубине пахотного слоя меньше 20 см.

Без всякого преувеличения, самый важный момент полевого севооборота — время вспашки травяного поля, так как только неудачный выбор этого момента может уничтожить все агротехническое значение травяного поля и при этом обращает его в простое кормовое угодье.

Временем вспашки травяного поля должна быть самая глубокая осень. Начало вспашки должно быть рассчитано так, чтобы только избежать совпадения ее с устойчивыми морозами. В областях, где почва на зиму не замерзает, время вспашки отодвигается еще дальше, ко времени начала затяжных дождей.

Нужно помнить, что главная задача травяного поля — накопление в почве возможно большего количества органического вещества при одновременном возможно детальном его распределении в массе почвы. Оба требования осуществляются корнями многолетних злаков, которые одновременно несут и огромную работу разделения массы почвы на комки и уплотнения их. Заменить эту работу корней мы до сих пор ничем не можем.

Срок вспашки стоит в связи с продолжительностью использования травяного поля. Эту продолжительность использования необходимо конкретизировать по отношению к видам бобового, принимающего участие в смеси, т. е. клевера и люцерны, равно как в последнем случае по отношению к культуре, орошаемой и неорошаемой.

По отношению к клеверу не может быть двух мнений о том, что продолжительность использования травяного поля в полевом севообороте, в состав которого входят клевер и тимopheевка, должна ограничиваться одним годом пользования при неприменном условии двух укосов в течение этого года. В луговом (кормовом) севообороте продолжительность использования смеси клевера и тимopheевки должна быть не менее двух-трех лет. То же самое касается травяного поля, смеси люцерны синей туркестанской или лучше так называемой «Валуйской» (от Валуйской, ныне Костычевской опытной станции) и французского райграса в орошаемых условиях. В этом случае можно получить в год по меньшей мере пять укосов травы, после которых в массе почвы накапливается огромное количество корневых остатков и злака, и бобового. И в этом случае также не подлежит сомнению возможность ограничения в полевом севообороте пребывания смеси многолетних трав одним годом пользования при неприменном условии наличия в сельскохозяйственном предприятии второго севооборота, кормового, в котором разрешаются все вопросы организации и кормовой базы предприятия.

Другое касается травяного поля в неорошаемом (богарном) земледелии на юге и юго-востоке. В этом случае приходится считаться с природными свойствами самой люцерны, желтой или средней, которые входят в состав смеси травопольных севооборотов этих областей. Обе эти люцерны дают максимальные укосы только на второй год пользования. Житняки отличаются тем же свойством. В этих севооборотах приходится с агротехнической точки зрения, повидимому, допустить два-три года пребывания травяного поля в севообороте.

Главная причина требования поздней вспашки травяного поля — необходимость возможно сильного унетения аэробного процесса разложения органических остатков травы и создание благоприятного соотношения между аэробным и анаэробным процессами разложения.

Время вспашки травяного поля — причина, по которой старый норфолькский севооборот—1) клевер, 2) озимая пшеница, 3) репа, 4) ячмень с подсевом клевера— не может быть признан травопольным, а представляет паровой севооборот с клевером в занятом пару. По той же причине ясно, почему современный норфолькский севооборот необходимо считать травопольным: в нем поле многолетних трав вспахивается в октябре и на следующий год используется под яровую пшеницу.

Свообороты, в которых принимает участие так называемый шатиловский или клеверный пар, также не могут быть признаны травопольными, хотя в них клевер занимает поле и два года.

Причина этого в том, что ранняя вспашка травяного поля для подготовки его под озимую пшеницу ставит остатки трав в условия быстрого аэробного разложения и одним ударом уничтожает все те результаты, которые были достигнуты жертвой двух лет культуры многолетней травы. Роль травяного поля при этом сводится в лучшем случае к простому зеленому удобрению.

В случае клеверного пара дело обстоит еще хуже. В течение этого периода парования при частых обработках пара происходит усиленное выщелачивание всех элементов пищи растений, перешедших в формы минеральных солей при аэробном разложении остатков дернины травяного поля. В особенности велики при этом бесполезные потери азота.

Нечего говорить о том, что культура многолетних трав на запольных участках, вне севооборота, не имеет ничего общего с рациональным использованием земли, и пропаганда ее могла находить оправдание только при том государственном режиме, при котором была неосуществима открытая борьба с причиной анархии производства и приходилось ограничиваться активной борьбой с ее последствиями.

Уход за травяным полем. Уход за травяным полем крайне прост. Прежде всего надо обратить внимание на один прием ухода, который некритически переносится на травяное поле с озимого поля. Это весенняя бороньба. Весенняя бороньба озимых хлебов представляет крайне важную меру не только в смысле очистки озимого поля от снежной плесени и отживших за зиму листьев, но и со стороны тщательного разрыхления слежавшейся за зиму почвы. Разрыхление создает двоякого рода условия. Прежде всего рыхлый слой почти совершенно прекращает испарение воды из почвы помимо растения. Во-вторых, в разрыхленной почве возбуждается ярко выраженный аэробный процесс разложения органического вещества и образования элементов пищи растений в соединениях, полностью отвечающих потребностям зеленых растений. Эти моменты имеют особенно большое значение именно для озимых растений, у которых весной начинается усиленное кущение, и в этой фазе развития озимые растения должны быть обеспечены как водой, так и элементами пищи. На эти два момента и отвечает весенняя бороньба озимых, которая поэтому представляет обязательный и перво-степенной важности прием ухода за озимым полем.

Огромное положительное значение бороньбы озимых культур было без достаточной критики перенесено и на травяное поле. Но многолетние травы, как было показано выше, проходят фазу кущения совсем иным образом, чем это происходит у озимых культур. У многолетних травянистых растений фаза кущения для злаков и накопление запасных питательных веществ в корневой шейке бобовых целиком происходят в период от цветения до глубокой осени предыдущего года. Поэтому многолетние травянистые весной не нуждаются в усиленно большом количестве воды, ни тем более в элементах пищи. С этой точки зрения весеннее боронование травяного поля представляется излишним.

Но кроме того, этот прием оказывается и вредным. Под влиянием разрыхления почвы бороньбой в ней возбуждается аэробный процесс разложения органического вещества, которое в травяном поле встречает особенно благоприятные условия в связи с большим содержанием в поверхностном слое почвы органического вещества побегов, отмерших в предыдущем году. И следовательно, в это время в поверхностном слое почвы усиленно накапливаются элементы зольной и азотной пищи растений. Этой пищей совсем не могут воспользоваться многолетние злаки прежде всего потому, что они в это время не нуждаются в ней. Но если бы даже они и нуждались в этой пище, они бы не могли воспользоваться ею, потому что под влиянием бурного роста стеблей многолетних трав, обеспеченных питательными веществами еще с прошлого года, в массе почвы устанавливается восходящий ток воды, обильно испаряемой развивающимися стеблями. Очевидно, что этот восходящий ток воды не может заставить элементы

пищи из самого поверхностного слоя почвы проникнуть в массу почвы против восходящего движения тока воды.

На основе большого запаса пищи в верхнем слое почвы развиваются огромные количества сорняков, мелко располагающиеся семена которых при прорастании находят здесь наилучшие условия развития. Поэтому, как правило, проборонованное весной травяное поле всегда оказывается чрезвычайно засоренным. На этом основании в практике сложилось даже мнение, что травяное поле представляет лучший способ засорения севооборота. *Это мнение основано на неправильном уходе за травяным полем.*

Поэтому травяное поле весной ни под каким видом не боронуется.

Часто применяют боронование с целью удаления остатков прошлогоднего покровного растения. Но для этой цели должны применяться только конные грабли, простые или боковые, но даже не ручные. Зубья конных граблей не рыхлят почву, а скользят по ее поверхности, собирая остатки жнивья и др. Этим прочесыванием жнивья конными граблями ограничивается весенний уход за травяным полем.

Боронование же травяного поля обязательно после каждого укоса или в кормовых севооборотах после всякого окончания пастбы. После укоса и пастбы начинаются усиленное образование новых побегов многолетних злаков и накопление питательных веществ в корневых шейках бобовых. И как раз в это время многолетние травянистые растения предъявляют усиленные требования как к воде, так и к элементам пищи.

Сильное боронование в это время открывает полный доступ воде летних дождей в почву, и разрыхленная поверхность вполне защищает почву от потери воды испарением с ее поверхности. Вместе с тем и аэробный процесс снабжает вновь образующиеся побеги массой усвояемой пищи. На этом основании *послеукосная бороньба представляет обязательный прием ухода за травяным полем.*

Совершенно очевидно, что удобрение травяного поля, так называемая подкормка должна подчиняться тому же правилу. Было бы грубой ошибкой удобрять травяное поле весной, так, как это делается для озимых культур, особенно азотным удобрением, которое угнетающим образом действует на бобовые, разлагающиеся прошлогодние остатки которых снабжают и многолетние злаки достаточной азотной пищей. Но травяное поле особенно хорошо отзывается на удобрения растворимыми минеральными удобрениями, фосфорными и калийными, но не азотными, после каждого укоса.

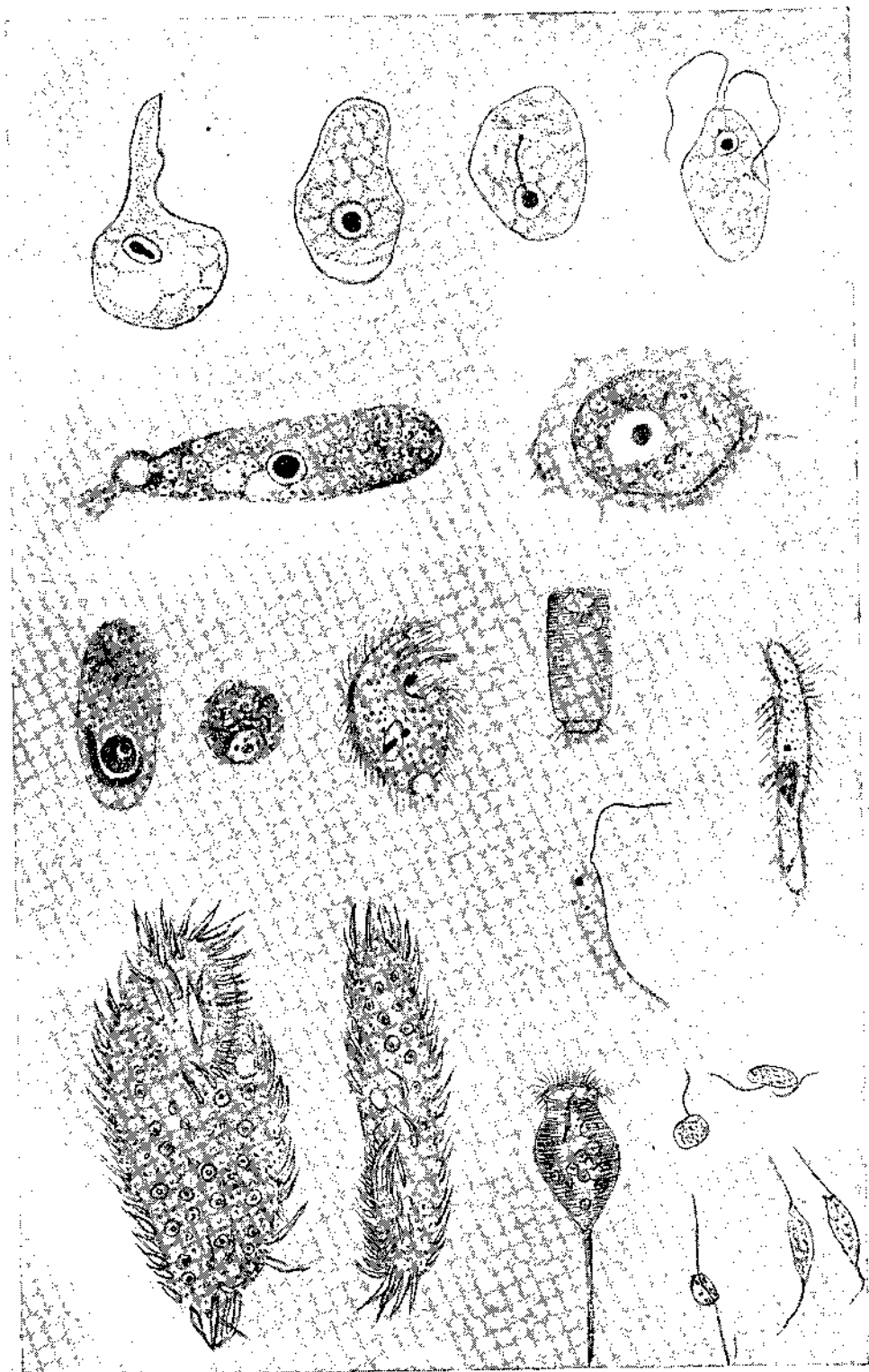
Бороньба после пастбы имеет еще и значение измельчения и равномерного распределения по полю экскрементов пастшихся животных.

Еще один прием ухода за травяным полем представляет известкование или гипсование в зависимости от потребности почвы полей севооборота. Этим приемом совершенно избегается всякое вредное влияние известкования на все однолетние полевые культуры, которые не выносят непосредственного известкования под них. Этим и ограничивается несложный уход за травяным полем.

Повторяю, последовательность культур, слагающих полевой севооборот, выходит далеко за рамки вопросов земледелия и представляет чисто растениеводческий вопрос. Но на примере норфолькского севооборота было показано, что и вопросы чередования растений в севообороте, или так называемая система ротации, могут близко касаться и принципиальных сторон правильного севооборота.

Поэтому, не входя в растениеводственные детали, мы коснемся общих закономерностей системы ротации, имеющих как агротехническое значение, так и затрагивающих технологические свойства продукции сельскохозяйственного производства и влияющих на степень производительности труда в сельском хозяйстве путем рационального использования растений как предшественников.

Основной вопрос, хотя и кажущийся формальным, — откуда считать начало севооборота. В паровой системе, может быть, оттого и называемой паровой, принято начинать севооборот с пара. Травопольные севообороты всегда начинаются с поля многолетних трав. Почва из-под многолетних трав обладает несколькими свойствами, приданными ей травами. Главное из этих свойств — это полное осво-



Р и с. 450. Амебы, колероватки и инфузории, обитающие в почве (по Ваксману).

бождение массы почвы от всех микро-зоопаразитов, которые как сами, так и стадии их воспроизводства представляют ярко выраженные аэробные организмы. Они во время преобладания анаэробных условий под травами в значительной численности погибают. Микро-зоонаселение почвы, амёбы, инфузории, коловратки и др. (Protozoa), питается микроорганизмами растительными, преимущественно бактериями. Значение бактерий при настоящем состоянии сельскохозяйственной науки не возбуждает никаких сомнений, и почти все «агрохимические» процессы, протекающие в почве, приходится рассматривать как переход одной формы материи в другие под влиянием биологических процессов. Поэтому приходится говорить о *почвенной биохимии*, и оставаться на уровне чисто минеральной агрохимии (абиотической) недопустимо, и это следует рассматривать как анахронизм, основанный на элементарном непонимании смысла и широты биологических процессов и заменяющий диалектику эклектикой. Достаточно вспомнить, что если принять за минимум содержания в 1 куб. см почвы один миллион бактерий, то в пахотном слое 1 га на глубину только 20 см содержится 3×10^{15} , или три тысячи биллионов особей бактерий. Между тем новейшие исследования показывают, что в некоторых почвах бактериальное население исчисляется не миллионами, а миллиардами на 1 куб. см почвы.

Это свойство поля многолетних трав позволило Расселю указать на дезинфицирующее значение многолетних трав, и с этим значением мы встретимся при рассмотрении кормового севооборота.

Но и в полевом севообороте повышенная деятельность бактерий резко сказывается на обогащении травяного пласта усвояемыми формами азота и переходом большого количества фосфатов в трудно усвояемые формы органо-минеральных соединений (стерины, лецитины, фосфатиды, нуклеопротеиды).

На этом основании поле, непосредственно следующее после трав, всегда отличается односторонним избытком азота, который не поддается усреднению внесением легко усвояемых форм фосфорнокислых удобрений. Последние немедленно усваиваются бактериями, располагающими в почве богатым запасом органических остатков бобовых и злаков. В результате односторонний избыток азота не удастся покрыть обычно принятыми нормами фосфорнокислых удобрений. Несомненно, можно было бы, внося большие дозы фосфатов, погасить односторонний избыток азота, но такое расточительное применение фосфатов производственно неправильно в силу того, что минеральная фосфорная кислота только временно переводится в органические формы. Этим путем мы неизбежно приходим к накоплению в почве непроизводительного запаса фосфорной кислоты. Поэтому правильнее будет приспособиться к этому временному одностороннему избытку азота путем рационального чередования культур.

Основы чередования культур травопольного севооборота. Здесь нельзя входить в большие детали по этому вопросу, потому что самый состав культур полевого севооборота может подвергаться значительным колебаниям в зависимости от государственных плановых заданий. Поэтому мы коснемся лишь общих оснований чередования растений в ротации полевого севооборота.

В состав полевого севооборота входят следующие группы растений, не требующих усиленной защиты от почвенных вредителей растений, которые поражаются главным образом воздушными вредителями. Такими группами будут зерновые хлеба, зерновые бобовые и несколько групп технических растений.

Помещение в поле, непосредственно следующем за многолетней травой, каких бы то ни было однолетних бобовых было бы грубой ошибкой, так как они не только не могут использовать избыток азота, но после короткого срока их предварительного развития избыток азота будет сказываться на них угнетающим образом. Поэтому вся группа однолетних бобовых, как правило без исключения, не может занимать поле после трав. Группа технических растений, могущих возделываться в полевом севообороте, складывается из сахарной свеклы, заводского картофеля и двурядных (солодовых) ячменей. Избыток азота в почве окажет отрицательное влияние на технологическое свойство продуктов этих культур. Он

снижает количество сахара в свекле и, повышая количество белков и аминокислот, понижает так называемую доброкачественность сока. В результате получаются снижение выхода сахара и огромный выход черной патоки, в которую увлекается и большое количество сахара. Выделение же сахара из черной патоки производственно еще не освоено. Кроме того, односторонний избыток азота в почве вызывает удлинение вегетационного периода развития корнеплода, и из соображений фабричного производства приходится убирать свеклу до достижения ею уборочной спелости. Такая свекла чрезвычайно не прочна в лежке, и этот момент усложняет фабричные приемы хранения и обработки свеклы.

Кроме того, убирая свеклу до наступления уборочной спелости, мы не добиваемся некоторого количества сахара, которое сохраняется в еще вегетирующей ботве. Чтобы использовать питательные вещества, не исчерпанные из ботвы, производством старается использовать ее на корм скоту. При этом животноводство, в свою очередь, встречается с рядом затруднений. Как общее правило, скармливаемые сочные корма не должны быть загрязнены почвой, присутствие которой вызывает поражение животных трудно излечиваемыми поносами (колит). Отговорка, что этой болезнью поражаются убойные животные, не имеет производственного значения, так как под влиянием поносов сильно задерживается откорм и снижается убойный вес. Предпринимать же мойку ботвы в сентябре-октябре производственно затруднительно, особенно в случае силосования ботвы, которая в силос не может быть положена мокрая. Сушка же ее прибавкой мякни, соломенной резки и т. п. большей частью вызывает плесневение силоса и делает его совершенно негодным к употреблению. Поэтому производственно более правильным будет убирать свеклу по достижении ею уборочной спелости и остающуюся ботву запахивать в почву, используя в корм только головки свеклы.

Поэтому фабричная свекла не должна занимать поле непосредственно после многолетней травы. Лишь одни высадки свеклы на семена встречают все необходимые для них условия в этом месте ротации. В колхозах и совхозах, занятых репродукцией семян свеклы, хорошее место в севообороте для свекловичных высадок (а также и для высадок других корнеплодов) — поле после травы.

Не место непосредственно после травы и заводскому картофелю. Заводская культура картофеля может производиться для двух целей, крахмало-паточного и спиртокуренного производств. Картофель после травы, под влиянием избыточного азотного питания, образует чрезвычайно мелкие зерна крахмала, которые оседают в воде чрезвычайно медленно, особенно в том случае, когда в воде содержатся белки и продукт их неизбежного распада, аммиак. Вследствие этого при отстаивании крахмала до 40% его урожая может спускаться с промывными водами. Понятно, что потеря 40% урожая не может быть терпима в производстве, и это вызывает огромные непроизводительные затраты на извлечение крахмала из промывных вод.

Повидимому, в случае спиртокуренного крахмала мелкость зерна крахмала не имеет значения. Но здесь выступает другое неудобство. Спирт, полученный из клубней, содержащих большое количество азотистых веществ, всегда содержит увеличенное количество сивушных масел, что вызывает необходимость тройной повторной ректификации его не только для спирта, употребляемого в пищевой и парфюмерной промышленности (одеколон тройной очистки), но и в случае применения его как горючего, и особенно для производства синтетического каучука.

Третья группа технических растений — солодовенный (двурядный) ячмень, преимущественно употребляемый для изготовления пива; содержание в ячмене большого количества белков придает этому напитку тухлый запах. Поэтому солодовенные ячмени расцениваются тем выше, чем меньше в них стекловидных (содержащих увеличенное количество белков) зерен, и хороший солодовенный ячмень должен содержать только крахмалистые зерна.

Поэтому единственная группа растений, которая может следовать без производственного ущерба непосредственно по травяному полю, — это зерновые хлеба. Но здесь нужны некоторые ограничения. В сельскохозяйственном производстве резко выделяется группа хлебов, которая раньше называлась пласто-

выми хлебами. К ним принадлежат твердые яровые пшеницы (расы *Triticum durum*), пластовое просо, так называемое «оренбургское»,¹ и пластовый овес (степной, ныне совершенно оставленный в культуре). Эти зерновые хлеба как микотрофные отличаются удлиненным периодом, предшествующим фазе кушения. В течение этого периода на их корнях развивается микориза, и только после ее развития наступает фаза кушения. Поэтому все пластовые культуры предъявляют два требования. Они требуют присутствия в почве очень большого количества органических остатков и чрезвычайной чистоты от сорных трав. Однолетнее травяное поле полевого севооборота не может удовлетворить ни того, ни другого требования, и этим растениям поэтому место в севообороте, где многолетние травы используются в течение нескольких лет. И они даже при наличии полки в полевом севообороте всегда дают сниженные урожаи.

Зерновые хлеба в полевом севообороте, которые могут полностью использовать значительное количество азота, после травы располагаются в таком порядке: 1) пшеница, 2) крупные ячмени, 3) рожь и 4) овес. Вне всякого сомнения, лучшее место в севообороте должно быть отдано пшенице. Крупные же ячмени, многолетние, находят еще лучшие условия в кормовых севооборотах.

Смысл клеверного пара. Во всяком паровом севообороте главным, «страховым» хлебом считается озимое зерновое, и по инерции традиции все страны испытали стремление занять лучшее место севооборота после травы лучшим страховым хлебом. С этой ошибкой во всех странах сельскохозяйственной науке приходилось выдерживать большую борьбу. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве СССР происходит та же историческая борьба под лозунгом «лучшему хлебу лучшее место». Возникает вопрос, почему озимый хлеб представляет страховой хлеб парового севооборота. Качественный признак, отличающий паровые севообороты, — их стихийность, зависимость урожая от частоты выпадения дождей. Поэтому жертвой стихийности всегда бываю яровые хлеба, все фазы развития которых протекают в один вегетационный период, в том числе и наиболее критическая фаза развития, их кушение. Совсем иначе относятся к стихийности выпадения дождей озимые хлеба. У озимой ржи фаза кушения протекает главным образом осенью и дополнительно ранней весной. У озимой пшеницы предварительное кушение протекает осенью и главная фаза кушения — весной. Какие бы ни были условия культурности почвы, в ней совершенно независимо от качества агротехнических мероприятий осенью наступает второй количественный максимум влажности, который к весне следующего года, под влиянием процесса зимней перегонки паров воды из незамерзших горизонтов почвы, обращается в первый количественный максимум влажности почвы. Этим моментам максимального содержания воды в почве автоматически соответствуют озимые хлеба, которые при всех других условиях всегда дают хотя какой-нибудь урожай. В стихийном севообороте страховой хлеб тоже стихийный.

Очень часто предполагают, что признание озими стихийным хлебом снижает ее значение в севообороте. Такое мнение основано на элементарном непонимании. Стихийность озими не недостаток ее, а огромное достоинство, которое вполне оправдывает ее значение страхового хлеба. Кроме того, озимый хлеб во всяком севообороте имеет еще одно огромное производственное значение — выравнивает напряженные периоды в энергетических и трудовых затратах в сельскохозяйственном производстве, разделяя посевной период на два, на весенний и осенний, ■ растягивая период уборки на более продолжительное время.

Некоторые «ученые» упорно стараются наше признание озими стихийным хлебом истолковать как предложение немедленно сократить площади посева озимых в СССР. Между тем всем (исключая, очевидно, указанных людей, по недоразумению считающих себя за ученых) понятно, что прежде всего надо научиться в производстве сознательно, на основе внедрения травопольной

¹ В противоположность расам непластового проса, так называемого «тамбовского» ■ «рязанского».

системы земледелия, управлять водным режимом страны, научиться получать на основе внедрения травопольных севооборотов и новых сортов высокие и устойчивые урожаи яровых. В этом главная задача. Когда она будет решена, вопрос о пересмотре соотношения площадей яровых и озимых в хозяйстве встанет сам собой.

Но агротехнически нет хуже места для озими, как поле, непосредственно следующее за травяным, и нет лучшего средства почти совершенно лишить травяное поле его огромного агротехнического значения, как помещение непосредственно после него озимых хлебов. Эти два момента должны быть отчетливо усвоены при изучении травопольных севооборотов.

После вспашки травяного поля неминуемо создаются в почве условия одностороннего и значительного избытка легко усвояемой азотной пищи. Большое содержание белков в растительных остатках клевера и злаков приводит к очень быстрому их разложению аэробным путем, причем освобождается большое количество аммиака и азотной кислоты. Под влиянием этого избытка азота усиленно развиваются не только высшие растения, но и масса бактериальной флоры почвы. При развитии последней бактерии поглощают очень большое количество фосфорной кислоты и серы, выделяющихся в легко усвояемых формах при разложении нуклеопротеидов; и фосфор, и сера переводятся в органические формы тел бактерий. Таким образом на долю высших растений остается односторонний избыток азота, и даже при попытках вносить легко усвояемые фосфаты и удобрения, содержащие серу, оба эти элемента перехватываются тотчас бактериями и переводятся в состояние запаса.

Поэтому какое бы растение ни следовало после травы, оно непременно развивается в условиях одностороннего избытка азотной пищи. Под влиянием этих условий у всех растений усиленно развиваются вегетативные органы, а не репродуктивные. Это стремление не удастся победить никакими агротехническими мероприятиями. Более изреженный посев вызывает усиленное кущение, и поле с осени же или ранней весной покрывается очень буйной растительностью.

Вследствие такого развития осенью густых широколиственных зеленей озими очень плохо зимуют под толстым покровом снега, задерживаемого обильной массой зеленей. Если озимь и перезимует благополучно, то в стадии весеннего кущения вновь развивается обильнейшая широколиственная зелень. Первый случай выпревания озими чаще всего наблюдается у озимой ржи, у которой преобладает осеннее кущение. Второй случай усиленного весеннего кущения свойственен озимым пшеницам, у которых фаза кущения происходит преимущественно весной. При этом с весны поле покрывается широколиственной, изумрудно-зеленой густой зеленью, сильно затеняющей поверхность почвы. Поэтому, когда наступает вторая весенняя фаза стеблевания, второму междоузлию стеблей (первое междоузлие подземное) приходится развиваться в условиях сильного затенения. Развивающиеся в этих условиях клеточки растения усиленно растут в длину, и вместе с тем клеточные стенки образуются чрезвычайно тонкие. Наиболее яркий пример такого развития показывают стебли картофеля, которые в темноте образуют длинные, слабые и ломкие побеги, а на свету образуют короткие, толстые побеги, с трудом отламывающиеся от клубня. Только третье междоузлие озими развивается в нормальных условиях освещения. Когда наступает фаза колошения и завязываются зерна пшеницы, то даже без всякого постороннего влияния такой хлеб полегает. Чаще полежание происходит еще раньше, под влиянием ветра и дождя. Такой полегший хлеб уже не может подняться. Второе междоузлие, сгибаясь, сминается, и стебель уже больше выпрямиться не может. Только верхний слой колосьев приподнимается, вся же остальная масса хлеба остается в полегшем состоянии. Понятно, что в этих условиях уборка хлеба связана с неизбежными потерями урожая.

Кроме того, процесс созревания хлеба протекает в условиях крайне неблагоприятной избыточной влажности и застойной атмосферы. Те же условия влажной и застойной атмосферы в сильнейшей степени способствуют развитию всевозмож-

ных грибных заболеваний, и такой полегший хлеб подвергается массовому поражению спорыньей, ржавчинами, мучной росой и снежной плесенью. Поэтому при всех условиях получается урожай зерна шуплого и толстокожего, совершенно не приемлемого в мукомольном деле и годного только как плохое кормовое средство.

Ввиду таких неудач при непосредственном следовании озимых хлебов после травяного поля неоднократно делались попытки предпосылать посеву озимых растений год пара. Эти попытки до сих пор еще живы и в советской агрономии и недавно имели название клеверного, шатиловского и дояренковского пара.

Смысл этих паров очевиден и особенно ярко проявляется при многолетнем использовании травой. В течение всего пребывания поля под травой в его почве накапливаются очень значительные количества азотистых веществ (один год смеси трав по количеству накапливаемого в почве азота равен полному навозному удобрению). В пару, следующем за травяным полем, огромное количество этих азотистых веществ обращается в нитраты, которые легко вымываются из почвы. После того как удастся избавиться от избытка азота, пшеница получается очень хорошая.

По всему, что сказано выше, понятно, что после травяного поля должно следовать только растение, которое может использовать этот избыток азота. И кроме того, ясно, что должны быть приняты все меры к тому, чтобы предотвратить быстрое аэробное разложение органических остатков травяного поля. Этот момент имеет и еще одно агротехнически важное значение. Совершенно очевидно, что если мы вспашем травяное поле под озимый хлеб, то эта вспашка должна быть произведена не позже конца июня, т. е. почти непосредственно после укоса трав, в то время, когда в почве, в особенности травяного поля, господствует минимум влажности. Минимум влажности есть синоним максимума аэрации. Поэтому убитые вспашкой остатки трав под влиянием своей вегетативной воды неминуемо подвергаются аэробному разложению, которое остановить никакими мерами не удастся, так как в процессе аэробного разложения непрерывно образуется вода, которая и поддерживает необходимую для разложения влажность. Поэтому при летней вспашке травяного поля уже через две декады не удастся найти в почве остатков корней или побегов травы. Мало того, под влиянием избыточного притока усвояемых соединений азота усиленная микробиологическая деятельность в почве вовлекает в разложение и огромные количества уже имевшегося в почве перегноя.

Вследствие всего сказанного вспашка травяного поля производится осенью с таким расчетом, чтобы кончить ее перед самым наступлением зимних морозов. В этом случае весной, когда в почве господствует первый количественный максимум влажности, аэробное разложение растительных остатков происходит только в самом поверхностном горизонте почвы, перехватывая главную массу кислорода, стремящегося проникнуть в почву. Если следующим летом почва не подвергается рыхлению, аэробный процесс чрезвычайно медленно проникает в глубь ее, не создавая в почве вредного одностороннего избытка легко устояемых азотных соединений. И лучшим растением, которое может использовать все благоприятные условия такого поля, представляются яровые мягкие пшеницы, которые могут следовать за травяным полем в течение двух лет подряд. Твердые пшеницы должны размещаться в луговом севообороте, где продолжительность использования смеси злака и бобового не менее двух-трех лет, и в зависимости от государственного задания луговой севооборот может быть расширен до размеров главного севооборота, а значение подчиненного тогда будет иметь полевой.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Примитивные орудия обработки почвы. — Рало. — Сабан. — Система «оборота пласта». — Анализ работы борон. — Порог вредности работы орудий. — Причины падения урожая по обороту пласта. — Объяснение Либихом характера урожайности при системе оборота пласта. — Система обработки дернины ваметом. — Ским-кольтер. — Джойнтер. — Рухадловые плуги. — Плуги среднего типа. — Лушение дернины. — Двойная вспашка.

До победы социалистического общественного строя, установившегося после Великой Пролетарской революции на территории одной шестой земного шара в форме Союза советских социалистических республик и начавшего новую страницу в развитии человеческого общества, сельскохозяйственное производство было одним из наиболее консервативных занятий человечества. В нем мирно уживались многотысячелетние традиции и приемы с последними достижениями мировой техники. Особенно ярко это выразилось в развитии орудий и систем обработки почвы. Здесь мы встречаем рядом с сабаном и ралом, точные изображения которых имеются на пирамиде Хеопса, насчитывающей не меньше 7 000 лет, самые совершенные орудия современной техники. Этот момент находит полное оправдание при том историческом положении, при котором капитализм обрекает сельское хозяйство на постоянное отставание и чрезвычайно замедленное и противоречивое развитие. И технически совершенные орудия сельскохозяйственного производства в этих условиях часто направлены к более быстрому обраблению плодородия почвы, а через нее и общественного богатства населения.

Примитивные орудия обработки почвы. Социалистический строй получал в наследство от капитализма материальные производственные силы сельского хозяйства, созданные в этих условиях. Приемы и орудия обработки почвы в наиболее резкой степени проявляют эти отрицательные условия капитализма. Именно поэтому они, переносимые в социалистическое сельское хозяйство без достаточно углубленной критики, причиняют социалистическому народному хозяйству огромный вред.

Поэтому глава критического рассмотрения капиталистических приемов и систем обработки почвы необходимо должна предшествовать изложению социалистических систем обработки почвы. Только этим путем можно взять из древних систем обработки почвы все те полезные моменты, которые выявлены многотысячелетним опытом всех народов.

Понятно, что все приемы обработки развились из приемов обработки дернины целинных земель. И из приемов обработки целинной дернины вынужденно развились целые системы обработки почвы вообще.

Трудно предположить, чтобы при прежних примитивных системах обработки дернины предъявлялись, какие-нибудь особые требования к обработке, кроме требования уничтожения предшествовавшей растительности.

Рало. Прототипом орудий обработки целины было рало, рабочая часть которого, ствол дерева, была стесана в правую сторону и острие которого имело косой срез. Понятно, что такое примитивное орудие не могло удовлетворять требованиям уничтожения старой растительности. Поэтому рало постепенно преобра-

зовалось в сабан, состоящий из двух рал, которые давали возможность легко приспособить две рукоятки к нему для более легкого управления орудием.

Сабан. Кроме того, сабан давал более надежный упор отвалу, в который переходил крутой срез правого рала. В рале мы видим все зачатки настоящего плуга. Вкось срезанное окончание рала, впоследствии окованное, представляет зачатки лемеха. Левое рало представляет прообраз подошвы плуга. Срезанное в правую сторону правое рало в соединении с доской представляет прообраз отвала. Таким образом развился сабан у древних народов южных стран, повидимому, в Китае, откуда через Ассирию он перешел в Египет, Рим и Грецию.

В более северных странах развитие рала шло несколько иным путем. Косой срез рала эволюционировал в палицу или отвал косули, но в этих орудиях не сохранилось подошвы, почему они относятся к разряду бесподошвенных орудий.



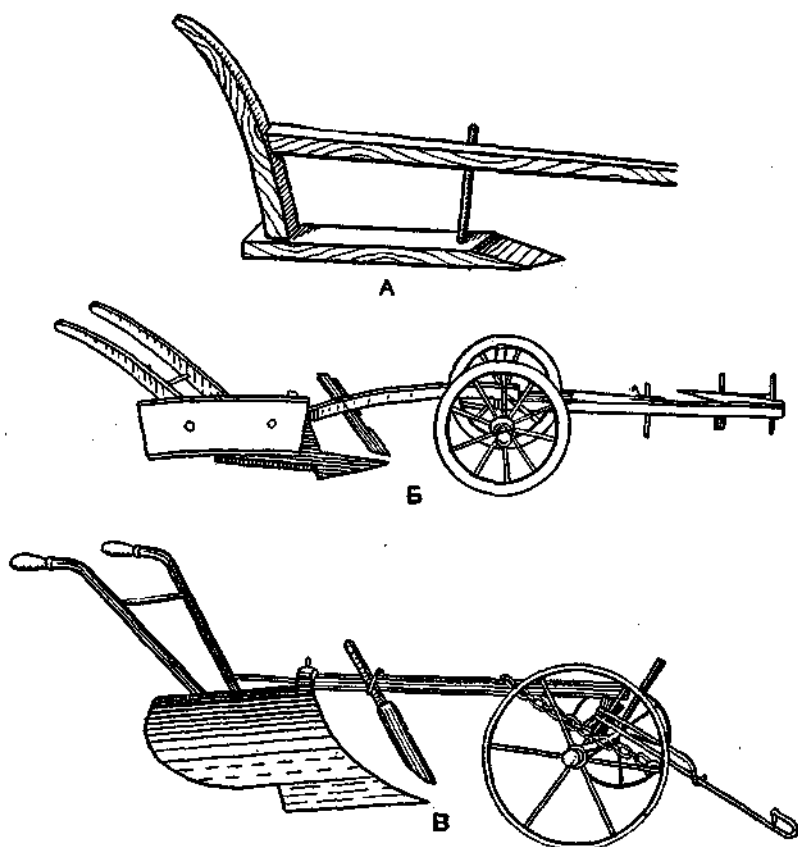
Р и с. 151. Существовавшая в старой России примитивная обработка почвы ралом (и омачом) в «Среднеазиатских владениях».

В порядке эволюции сабан получил и «чересло» (нож). В такой форме сабан хотя и требовал огромных усилий, но уже мог уничтожить жизненность первоначальной растительности целины.

Система «оборота пласта». На основе применения сабана развилась самая древняя система обработки дернины, так называемый «оборот пласта». Он характеризуется тем, что отрезает чрезвычайно широкий пласт, до 70 см, в среднем 50 см, и глубина отрезаемого пласта доходит до 30 см, в среднем 20 см. Такие чудовищные пласты отвалом сабана перекидывались на 180° и ложились плашмя на подпахотный слой. Эта обработка производилась с середины лета до глубокой осени.

Анализ условий плодородия почвы, создававшихся при этой системе обработки, ярко отражает развитие всех систем обработки почвы. При этом анализе следует все время держать в памяти два основных требования к обработке почвы: 1) уничтожение жизненности предшествовавшей растительности и 2) одновременность обеспечения посевов максимальными количествами воды и усвояемой пищи. Что касается первого условия, оборот пласта достигал его в совершенстве. Понятно, что природная растительность, погребенная под огромной тяжестью пласта, заглушалась окончательно. Условия влажности и наличия пищи будут видны из последующего.

Тяжелые пласты погребали не только живые части растений, но и массу мертвого степного покрова. Таким образом волосное сообщество пластов было совершенно изолировано от подпахотного горизонта. Поверхности разрезов пластов



Р и с. 152. Прimitивные орудия обработки почвы, применявшиеся на Украине и в б. Новороссии: А — рало; Б — малороссийский сабан, развившийся из двух соединенных рал; В — стальная копия сабана завода Рансома — «Новороссийский колонийский плуг».

ножом были, понятно, лишены структуры, и масса распыленной почвы втиралась в вертикальные разрезы почвы. Все структурные элементы нижней поверхности пласта также истирались в пыль и под огромной тяжестью пласта вдавливались в нижнюю поверхность пласта. Таким образом пласт после первых же дождей



Р и с. 153. Прimitивная обработка почвы сабаном, применявшаяся в XIX в. на Украине.

конца лета и осени покрывался почти непроницаемым для воды слоем, и все количество выпавшего дождя скатывалось по уклону поверхности степи.

При движении по уклону поверхности вода немедленно проникала в вертикальные промежутки между пластами и распределялась слоем по поверхности

подпахотного горизонта в массе органических остатков. Из этого слоя вода проникала в подпахотный горизонт, в котором она была совершенно защищена от непосредственного испарения в воздух.

В течение всей зимы происходили перегонка водяного пара из нижних незамерзших горизонтов почвы и конденсация их вокруг ледяных кристаллов в пластах и в промерзших частях подпахотного горизонта. Таким образом запас воды к весне следующего года достигал своей максимальной величины.

В поверхностных горизонтах пластов с осени начинался аэробный процесс разложения только что отмерших органических остатков. Раз начавшись, этот процесс протекал безостановочно, независимо от условий влажности среды, в которой он совершался, и в тот же процесс аэробного разложения вовлекалась и вся остальная масса органических остатков пласта. Под влиянием высыхания пластов все растворимые соединения элементов пищи растений, образующиеся при этом процессе, волосным током воды подтягивались в верхние горизонты пластов, которые в случае продолжительных засух покрывались белым налетом этих солей. И каждый осенний дождь смывал все эти соединения и вносил их вместе с водой в промежутки между пластами. Оттуда они проникали и в подпахотный горизонт. Таким образом в массе подпахотного горизонта скоплялись оба элемента плодородия почвы в форме одновременного и большого запасов.



Р и с. 154. Схема положения пластов при вспашке оборотом.

К наступлению момента весеннего посева пласты оказывались в совершенно непрерывшем состоянии, главным образом по причине ярко выраженного анаэробизма в более глубоких слоях пластов под влиянием защитного аэробного горизонта на поверхности и разрезах пластов.

Анализ работы бороны. Совершенно очевидно, что первой заботой весной было создание рыхлого слоя почвы, в который можно было бы заделывать семена. Единственный способ создания этого рыхлого слоя было боронование, которое и производилось весной во много следов. И эта операция носила название «надрать пуху». При работе бороны вся масса разрыхленной почвы обращалась в распыленное состояние, неизбежное при всякой работе бороны.

Анализ работы бороны приводит к следующим результатам. Рабочий элемент бороны — *зуб*, который представляет клин совершенно независимо от формы поперечного сечения зуба. Во всякой бороне зубья располагаются в несколько последовательных рядов в таком порядке, что при движении бороны зубья каждого последующего ряда проводят борозду в промежутках между зубьями всякого переднего ряда. Зуб бороны под влиянием тяжести бороны вонзается в почву, причем почва, ранее занимавшая место, которое занято зубом, давлением боковых сторон зуба вминается в промежутки между комками. При этом как вминаемая почва, так и часть почвы, в которую она вминается, обращаются в распыленное состояние. Наблюдение показывает, что эта область распыленной почвы равна двойной толщине обуха зуба. И во время движения бороны вся масса почвы на всем протяжении следа зуба обращается в пыль. Это — область вредной работы бороны.

Под давлением двух расположенных рядом зубьев бороны почва растрескивается на глыбки двумя системами трещин, расположенных приблизительно под прямым углом к наклону стенок зуба. Это — область полезной работы зубьев бороны.

Но при движении бороны в эту область полезной работы врываются зубья следующего ряда зубьев бороны и своим давлением приводят все образовавшиеся

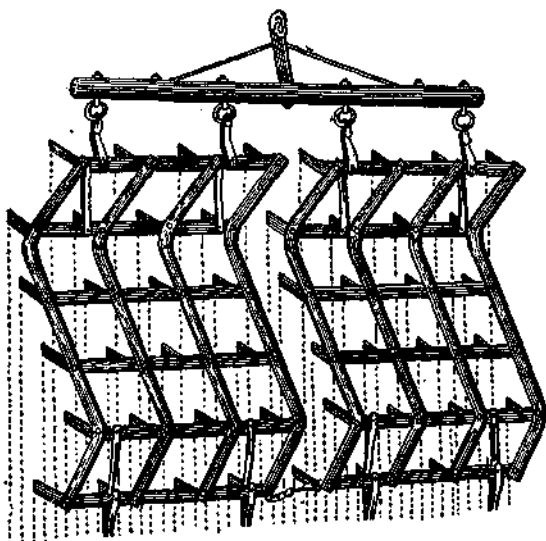


Р и с. 155. **Оборот пласта.** Растертая полоса на каждом пласте — результат прикрепления ненужного «шера». Совхоз Крекшино, Московской обл.

глыбки во вращательное движение. Понятно, что при этом движении глыбок стираются их грани трением друг о друга и о поверхность зубьев, причем от глыбок оттирается масса почвы в распыленном состоянии. И этот процесс повторяется в каж-

дом последующем ряде зубьев.

Порог вредности работы орудий. Прямое определение показывает, что при двух следах бороны количество распыленной почвы достигает 60%. Чтобы оценить значение этих 60%, нужно представить, что если все неволосные промежутки между комками почвы заполнены распыленной почвой, то такая почва совершенно утрачивает все свойства комковатой почвы и после первого дождя сливается в сплошную массу раздельночастичной почвы. Количество распыленной почвы, способное заполнить все неволосные промежутки между комками почвы, колеблется от 23 до 35%, в среднем 30%. Эта величина и представляет *порог вредности работы*



Р и с. 156. Два звена современной тяжелой бороны.

орудий. Очевидно, что 60% далеко перешагнули этот порог вредности. Поэтому *бороны у всех народов считаются орудием вредным*. Наиболее ярко это признание вредности бороны сказывается в правиле, принятом у всех народов и заключающемся в том, что *зяблевая вспашка ни при каких условиях не боронуется*.

Под влиянием боронования пласты, поднятые оборотом дернины, весной чрезвычайно быстро высыхают, так как после первого же дождя поверхность почвы

сплывается в сплошной бесструктурный слой. Это свойство оборота пласта вызывает как обязательное следствие весьма ранний посев, которым используется весенний запас воды в почве для того, чтобы проросшее зерно твердой пшеницы, которая всегда высевалась первым хлебом при системе оборота пласта, успело возможно рано дойти своими корнями до подпахотного горизонта. Раз всходы пшеницы достигли корнями подпахотного горизонта, огромный урожай был обеспечен. В подпахотном горизонте запас воды очень велик и совершенно изолирован от испарения, помимо растений, верхними пластами. Твердо укоренившийся прием посева первым хлебом по пласту только твердых пшениц указывает на то, что в дальнейшем развитии для пшеницы было неважно то, что в почве господствуют чисто анаэробные условия. Твердые пшеницы (вид *durum*) представляют растения микотрофные, способные питаться в условиях чистого анаэробнозиса и нахождения элементов пищи в состоянии органического вещества.

В дореволюционной России огромные пространства земель Заволжья принадлежали Удельному ведомству, и они сдавались в аренду всем желающим при неременном условии соблюдения севооборотов переложной системы. Первым хле-

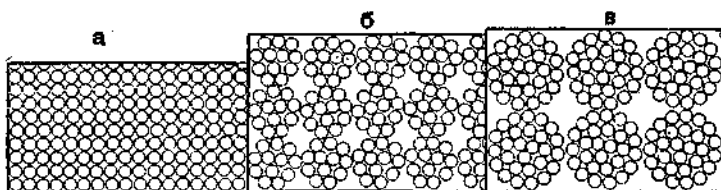


Рис. 157. Схема распределения волосных и неволосных промежуточных между частичками и структурными элементами почвы бесструктурной (а) и при различном (б и в) расположении комков в структурной почве (по Азееву).

бом этих севооборотов была твердая пшеница. По данным Удельного ведомства средний урожай пшеницы первого года после перелога колебался около 400 пудов на десятину, или около 60 ц с гектара.

На второй год после вспашки перелога почва находилась приблизительно в том же состоянии, как и в первый год. Толстые пласты еще не подверглись разложению, и обработка их должна была ограничиться весенним боронованием. Условия влажности подпахотного горизонта немногим отличались от тех же условий в первом году, несмотря на то, что осенние дожди не были в состоянии проникнуть глубоко в почву вследствие ее бесструктурного состояния. Но запас воды предыдущего года был настолько велик, что он не мог быть исчерпан даже большим урожаем пшеницы, и, кроме того, он возобновлялся зимней перегонкой воды из нижних незамерзших горизонтов. Поэтому при соблюдении того же весьма раннего посева урожай твердой пшеницы и на второй год мало отличался от урожая первого года.

Причины падения урожая по обороту пласта. К концу второго года пласты разложились настолько, что только внутри каждого пласта еще сохранялась структура дернины, но почву можно было уже обрабатывать тем же сабаном.

Совершенно независимо от того, когда производилась эта вторая обработка, носившая название *оборота*, вся поверхность вспаханной почвы покрывалась квадратными дернинками — остатками полуразложившихся пластов. И единственный способ избавиться от этих дернин, которые, понятно, мешали посеву, было беспощадное боронование до тех пор, пока обрывки дернины не разрушались в пыль.

После такой обработки, которая уничтожала слой органических остатков, изолировавший пласты от подпахотного горизонта, вся масса почвы плотно прилегала к подпахотному горизонту. Устанавливалось сплошное волосное сообщество подпахотного горизонта с верхними слоями почвы. Понятно, что весь запас

воды в почве становился в полную зависимость от частоты выпадающих дождей. Начиная с этого третьего посева, изменялся и характер хлебов. Твердые пшеницы уже не высевались. Их место занимала мягкая пшеница, урожай которой сразу принимал стихийный характер. Вместе с тем чрезвычайно возрастала и засоренность посевов. Она же была главной причиной прекращения посевов твердой пшеницы, которая отличается очень медленным первоначальным развитием и поэтому требует или очень чистых от сора полей, или неперменной полки.

Возрастающая засоренность посевов принуждала бросить посев пшеницы и перейти на культуру серых хлебов. Через два года их культуры поле снова забрасывалось в продолжительный перелог.

Таким образом культура велась 5—7 лет, после чего почва признавалась *вытазанной*, и она забрасывалась в перелог.

Из приведенного описания совершенно ясны причины быстрого наступления *вытазанности* почвы при системе вспашки оборотом пласта.

В сущности, вся обработка велась бороной, и все недостатки этого орудия ярко сказывались и приводили к утрате почвой условий ее плодородия, к обращению почвы в бесструктурную массу.

Во всех странах Западной Европы до начала XIX столетия господствовала обработка почвы оборотом пласта. При этом характер плугов хотя и отличался в той или другой степени от своего прототипа — сабана, но сохранял основной принцип обработки почвы оборотом пласта. Поэтому в тех странах, где переложная система не перешла окончательно в паровую систему, характер урожайности носил один и тот же признак: два первых года — высокие урожаи, не зависящие от притока атмосферной воды, и после двух первых урожаев кривая урожайности приобретала характер типичной стихийной кривой, т. е. очень невысокая средняя величина при огромных и непредвидимых колебаниях.

Объяснение Либихом характера урожайности при системе оборота пласта. Этот характер кривой получил объяснение от Либиха на основе минеральной теории питания растений, которая в это время окончательно победила господствовавшую раньше тэеровскую гумусовую теорию. Либих обратил внимание на контраст двух первых высоких урожаев и низкой средней урожайности второй части кривой.

Огромный контраст урожайности этих двух периодов Либих объяснил так, как он только мог объяснить ее, согласно современной ему степени развития естественных наук. Высокую урожайность после многолетней (15—20 лет) залежи он объяснил тем, что за этот период, когда элементы пищи растений не отчуждались из почвы, а возвращались в нее с экскрементами пасущихся на перелог животных, плю накопление элементов пищи растений вследствие выветривания минеральной части почвы. Этим он объяснял значительное количество фосфора и калия, которые содержались в первых двух высоких урожаях зерновых хлебов (пшеницы). Содержание в первых двух урожаях пшеницы повышенного количества азота, которое особенно резко бросалось в глаза, было объяснено продолжительным периодом, в течение которого минеральная часть почвы могла поглощать из воздуха аммиак, присутствие которого в атмосфере было уже известно. Все количество урожаев пшеницы первых двух лет после перелога безвозвратно отчуждалось из почвы, так как пшеница как торговый продукт реализовалась в городах и промышленных центрах. Поэтому через два года уже наступало оскудение почвы главными элементами пищи растений, азотом, фосфором, калием. Оскудение это не могло быть пополнено в течение одного года медленно протекающим процессом выветривания почвы, что и вызвало резкое падение средней урожайности.

Это объяснение, чисто теоретическое, не основанное на анализах почвы, казалось объясняющим эту контрастность. Но оно не могло объяснить причин огромных колебаний стихийной кривой, которые так и остались неизвестными.

Выветривание горных пород под влиянием агентов атмосферы было уже достаточно хорошо изучено, главным образом работами Добре и отчасти самого Либиха.

Сопоставляя две эти предпосылки, Либих и его последователи-агрикультурхимики пришли к выводу, что главной причиной медленности выветривания при господствовавшей системе оборота пласта была недостаточно развитая поверх-

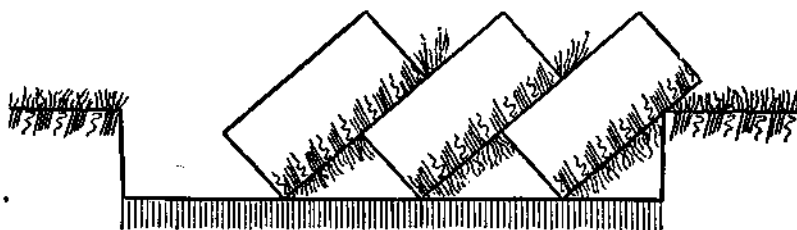


Рис. 158. Схема положения пластов при вспашке заметом.

ность соприкосновения почвы с атмосферой. И как результат этого заключения был вывод, что при обработке почвы все внимание должно быть обращено на увеличение поверхности соприкосновения почвы с воздухом. При этом за поверхность почвы английские конструкторы во главе с Бэйлеем, создавшие новый винтовой плуг, принимали дневную поверхность поля, совершенно забыв о том, что почва представляет рыхляковое тело, обладающее чрезвычайно сильно развитой внутренней поверхностью.

Система обработки дернины взметом. Вместо оборота пласта был предложен прием обработки почвы, который в дореволюционной России получил название *взмета*.

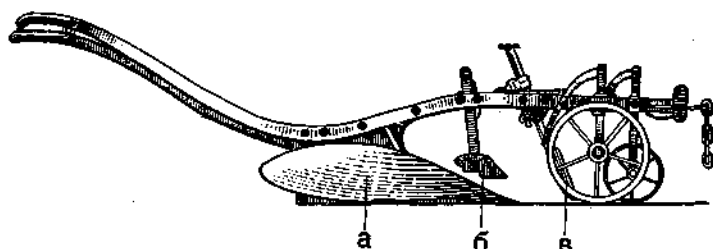


Рис. 159. Однокорпусный английский плуг с укороченным винтовым отвалом (среднего типа). Впереди главного корпуса (а) помещается скимкольтер (б) и перед ним нож (в).

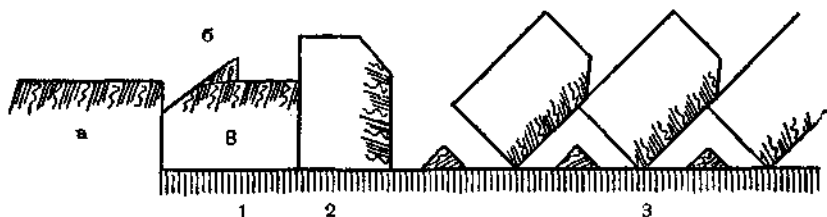


Рис. 160. Схема положения пластов при вспашке винтовым плугом со скимкольтером: 1 — положение пласта после последовательного прохода ножа (а) скимкольтера (б) и лемеха корпуса (в); 2 — положение пласта после прохода отвала корпуса; 3 — окончательное положение пластов.

Взмет отличался от оборота прежде всего *размерами пласта*. Ширина пласта при взмете колеблется от 20 до 25 см при глубине около 15 см. Эти пласты обрабатывались плугом с винтовым отвалом (рис. 159) и укладывались так, что предыдущий пласт всегда частично перекрывался последующим и поверхность вспаханного поля представляла ряд параллельных борозд-каналов, образованных нижней, тыльной стороной предыдущего пласта и обрезаем последующего.

Пласты укладывались под углом приблизительно в 45° к горизонту и соприкасались с подпахотным горизонтом одним ребром. Длинный винтовой отвал английского плуга для взмета едва разрыхлял пласты.

При этом прежде всего сказалось несовершенство уничтожения жизнеспособности дернины. На месте соприкосновения пластов в бороздке, куда скатывалась вся дождевая вода, многолетние травы, подземные побеги и узлы кушения которых здесь оставались неприкрытыми почвой, быстро давали новые побеги, и все поле покрывалось как бы рядовым посевом тех трав, для уничтожения которых была произведена обработка.

Скимкольтер. Это повлекло за собой необходимость придачи этим плугам *скимкольтера* (skim-coulter, рис. 159). Он представляет небольшой плужный корпус, все рабочие элементы и поверхности которого непараллельны основным поверхностям главного корпуса плуга. Этой частью плуга, помещаемой непосредственно позади ножа, с полевой стороны дерновой поверхности каждого пласта вырезывался треугольный пластик дернины, который сбрасывался сначала на поверхность пласта и по ней сползал при оборачивании пласта на дно борозды.

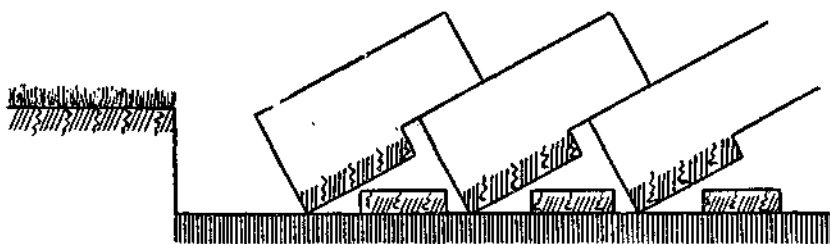


Рис. 161. Схема положения пластов при вспашке американскими плугами с джойнтерами.

После того как оборачивался главный пласт, дно бороздки между пластами само собой засыпалось почвой, осыпавшейся из свежего разреза, сделанного скимкольтером, и отмеченное выше *прорастание* пластов было приостановлено.

Джойнтер. Американские конструкторы изменили конструкцию скимкольтера в так называемый *джойнтер*. Вся разница между ними заключалась в том, что джойнтер отрезает не треугольный, а прямоугольный пластик, захватывающий все жизнеспособные элементы дернины, и сбрасывает их, так же как скимкольтер, на дно борозды. Пласты, таким образом, при наклоне в 45° прилегают к следующему пластику образующимся вырезом.

Далее оказалось, что каковы бы ни были условия погоды, органические остатки пластов взмета почти совсем не разлагались. Это было справедливо приписано слишком малому разрыхлению пластов на длинных отвалах, и последние стали сильно сокращаться по длине (рис. 164).

Несмотря на эти усовершенствования, дернина к весеннему посеву не успевала достаточно разложиться в мало разрыхленных пластах. Чтобы создать слой рыхлой почвы для посева, приходилось прибегать к *бороне*. Так как бороновать поперек наклонных пластов, не опрокинув их в первоначальное положение, было невозможно, то приходилось бороновать только вдоль пластов, что требовало большего числа следов.

После первого года культуры пласты не успевали в достаточной мере разложиться, потому что с поверхности они были покрыты распыленной путем бороны почвой, с трудом пропускавшей воздух. Поэтому после второй вспашки вся поверхность поля оказывалась покрытой полусохранившимися кусками дернины. Чтобы избавиться от мешающих посеву кусков дернины, поле подвергалось усиленной бороны, пока дернина не оказывалась вся *растрепанной* и органические остатки свезенными бороной на обочины полей.

Результаты такой «улучшенной» обработки ясны. Урожайность после такой обработки сразу приобретала характер стихийной кривой. Высокие урожаи первых двух лет при обработке пласта оборотом были отсечены, и кабинетные теоретические выводы Либиха не нашли на практике подтверждения. Почва уже на третий год совершенно лишалась структуры.

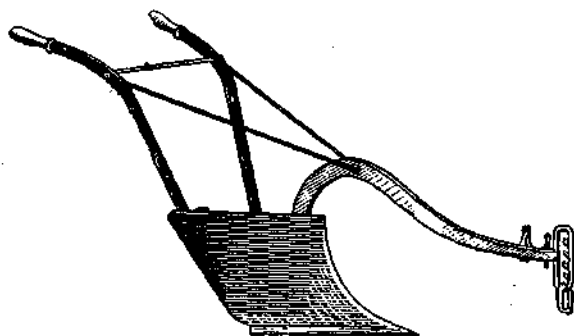


Рис. 162. Простой рухадловый плуг Васильчикова. Отличие его от рухадла Шверца в том, что отвал последнего чугунный, а здесь железный.

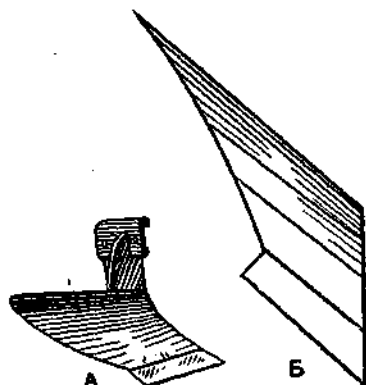


Рис. 163. Цилиндрический отвал: А — вид сбоку; В — проекция.

Рухадловые плуги. Недостатки системы вспашки взметом чаще всего приписывали недостаточно рыхлящей способности винтовых отвалов. Попытка исправить этот недостаток в наиболее яркой форме выразилась в изобретении Шверцом *рухадлового* отвала, который представлял простую поверхность *кругового цилиндра*. При посредстве цилиндрического отвала удалось достигнуть удовлетворительного крошения пласта. Но он оказывался удовлетворительным только при вспашке незадернелых, притом спелых мягких почв. Под спелой почвой разумеют состояние ее влажности, колеблющееся около 50—60% ее наибольшей волосной влагоемкости. В таком состоянии влажности почва независимо от состояния структуры рассыпается на мелкие комки, прочность которых, однако, не обеспечивается таким состоянием влажности, так как она зависит от содержания прочного перегноя. При обработке рухадловым плугом дернины и почв мягких в более сухом состоянии крупные сухие глыбы и куски дернины неизменно оказывались на поверхности пашни. Для их уничтожения приходилось применять катки-глыбодробы или для дернины зубовые бороны или дисковые культиваторы со всеми отрицательными последствиями, о которых сказано выше.

Плуги среднего типа. Конструкторы плугов, считая преимуществом винтовых отвалов совершенство их оборачивания пласта и совершенство рухадлового плуга — энергичное крошение пласта, пытались создать отвалы так называемого среднего типа. В этих отвалах они стремились соединить преимущества и винтовых, и рухадловых отвалов. Конструкторы разных наций пошли по трем главным путям в создании таких средних отвалов.

Английские конструкторы шли путем сокращения длины отвала (рис. 159—164), чем, очевидно, достигалось усиление крошения пласта. Шведские заводы шли путем придания передней части отвала (груди) винтовой поверхности, а задней части отвала — цилиндрической поверхности рухадла. Американские конструкторы придали груди отвала форму цилиндра, а задней части отвала — винтовую поверхность.

Последняя форма, американская, была усвоена русскими дореволюционными заводами и кустарными мастерскими для производства крестьянских плугов,

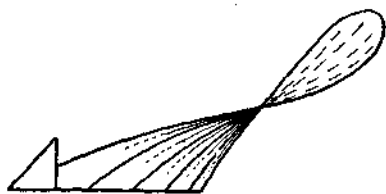


Рис. 164. Проекция укороченного винтового отвала.

известных под названием «орликов», потому что американские прототипы этих плугов назывались орлиными плугами.

Несмотря на все ухищрения конструкторов, которые надеялись соединить все достоинства предшествовавших двух типов плугов, отвалы среднего типа соединили в себе все недостатки обоих типов.

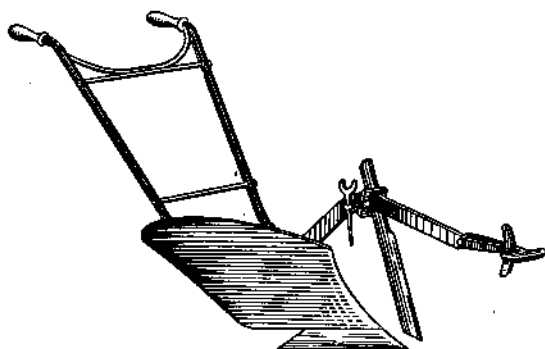


Рис. 165. Шведский плуг.

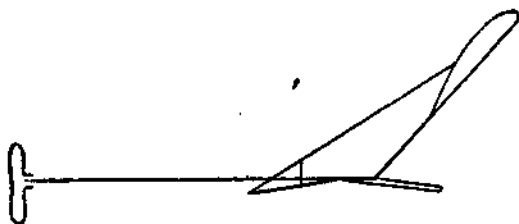


Рис. 166. Проекция корпуса шведского плуга.

Лущение дернины. Для «борьбы» с дерниной Розенбергом-Липинским была разработана новая система основной обработки под названием *лущения дернины*, в основу которой был положен принцип высушивания дернины. Посредством специального *луцильника* (рис. 168) дернина разрезалась на узкие, в 18—20 см, и неглубокие, 10—12 см, пласты. Теоретически луцильник должен был ставить эти пласты на узкую их сторону, практически же получалась беспорядочная мелкая вспашка дернины. Но несмотря на неудачу конструкции луцильника, цель лущения достигалась. Неправильно набросанные мелкие пласты дернины быстро высыхали.

Высушенные пласты дернины разбивались усиленным боронованием, причем растительные остатки дернины свлакивались бороной на края полей и там сжигались. После лущения дернины почва сразу

переходила в разряд мягких и могла дальше обрабатываться рухадлом.

Как система основной обработки почвы для вспашки дернины, лущение в том виде, как его предложил Липинский, нигде не сохранилось. Но принцип лущения был с успехом использован при разработке системы культурной зяблевой обработки почвы.

Так развивалась обработка почвы. Основная причина уродливости этого развития лежит в тех социальных условиях капиталистического сельского хозяйства, которые тормозят научное земледелие и в частности правильную обработку почвы.

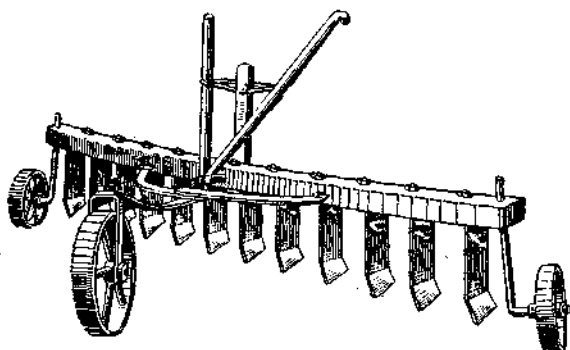


Рис. 167. Проекция среднего отвала американского типа, перенятого конструкторами дореволюционных русских «крестьянских плугов».

Это развитие конкретно шло под влиянием практических требований мелкого, частнособственного, часто хищнического сельского хозяйства. Несовершенство приемов и орудий обработки старались устранить конструкторы-инженеры, которые приложили все возможные старания, чтобы создать конструктивно совершенные орудия. Но инженеры-конструкторы не могли быть компетентными в агрономических вопросах обработки почвы. Их старания были направлены по неправильному пути

механизации агротехнически отрицательных, производственно вредных элементов обработки вместо того, чтобы стремиться к их полному уничтожению путем коренного изменения принципа основной операции обработки, несовершенство которой служило причиной введения в систему обработки отрицательных моментов. Научная же сторона развития учения об обработке тормозилась и в сильной степени была подавлена агрикультурхимическим направлением изучения почвы, с одной стороны, и морфологическим направлением почвоведения, потерявшим связь с производством, с другой стороны.

Двойная вспашка. В середине прошлого столетия вопрос обработки дернины приобрел в Западной Европе значительную остроту под влиянием всеобщего распространения полевого травосеяния. Стало ясным, что основная обработка почвы оборотом пласта и взметом уничтожает все положительные результаты, достигаемые полевым травосеянием. Начала распространяться, известная местами (Англия, Германия) уже давно, система *двойной вспашки*. Эта система обработки состояла в том, что одновременно в одной борозде работали два рыхадловых плуга. Передний плуг, поставленный на небольшую глубину, сбрасывал в борозду верхний слой дернины, и задний плуг, поставленный на полную глубину, требуемую непосредственной целью вспашки, засыпал дернину рыхлой почвой. Технический эффект этой системы обработки был поразительный, и полное уничтожение потребности в работе бороны примиряло до известной степени с экономическим несовершенством этой системы.



Р и с. 168. Плужильник Розенберга-Ляпинского для лущения дернины.

Система двойной вспашки была лишь переходной ступенью к системе культурной вспашки, разработанной Рудольфом Сакком и в течение менее одного десятилетия вытеснявшей в Западной Европе все другие системы обработки.

ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПЛУГОМ С ПРЕДПЛУЖНИКОМ (КУЛЬТУРНАЯ ВСПАШКА)

Организационно-экономические несовершенства «двойной вспашки». — Предплужник Рудольфа Сакка. — Технологические свойства пласта. — Принципы возвращения верхнему горизонту утрачиваемых им свойств. — Теоретические основы вспашки плугом с предплужником. — Рабочие элементы культурного плуга. — Правила сборки культурного плуга. — Форма отвала культурного плуга. — Работа волокуши. — Гвоздевка. — Углубление пахотного слоя подзолов. — Углубление пахотного горизонта солонцов. — Углубление пахотного горизонта черноземов. — Работа фрезерной машины. — Плуг Хэмшо. — Бороньба как прием ухода за растением. — Катки.

Применявшаяся особенно широко в Вестфалии и Западной Пруссии так называемая двойная вспашка правильно разрешала технические вопросы обработки почвы, но была неприемлема с точки зрения организационно-экономической.

Организационно-экономические несовершенства «двойной вспашки». Несовершенство этой системы заключалось в чрезвычайной медленности ее выполнения. Дело в том, что совершенно очевидно вторую борозду можно было начать вспашкой только после прохода второго плуга, что исключало возможность как применения нескольких плугов на одном поле, так особенно применения многокорпусных плугов. Экономические же неудобства этой системы заключались в невозможности правильного использования силы живых двигателей, так как система была введена еще при господстве конной тяги. А введение начавшей развиваться моторизации вспашки применением системы Говарда с паровым локомотивом или системы Фоулера с двумя локомотивами было невыполнимо вследствие неосуществимости применения многокорпусных плугов для двойной вспашки.

Усилие, требующееся для вспашки как первым, так и вторым плугом, было слишком велико для одной лошади вследствие того, что эта система требовала как минимум глубины вспашки в 20 см. И одновременно работа каждого из двух плугов была слишком легка для пары лошадей. Поэтому мощность лошадей не могла быть использована полностью.

Предплужник Рудольфа Сакка. Эти неудобства двойной вспашки были окончательно разрешены гениальным по своей прозроте изобретением Рудольфа Сакка, которое заключалось в введении новой детали плуга, так называемого *предплужника*.

Часто приходится слышать наименование предплужника дерносномом, что представляется совершенно неправильным вследствие сужения роли предплужника и сведения ее к обработке только задернелой почвы. Между тем предплужник должен применяться при вспашке безразлично как дернины, так и мягкой почвы или живья. И предплужник снимается только при летней обработке парового поля.

Рудольф Сакк содержал небольшую ремонтную мастерскую для починки сельскохозяйственных орудий и не был ни агрономом, ни инженером, что тем более подчеркивает гениальность простоты его изобретения.

Технологические свойства пласта. Чтобы ясно представить принцип вспашки плугом с предплужником, нужно сосредоточить внимание на технических, производственных свойствах пласта, почти не изучавшихся до Рудольфа Сакка.

Пласт всякой почвы, культурной, или находящейся под покровом природной растительности, или искусственно созданной дернины, резко разделяется на

два горизонта, отличающиеся по своему отношению к основной задаче обработки почвы, приданию ей комковатой структуры.

Верхний горизонт может отличаться большой влажностью, и после определенного для каждой почвы предела влажности он становится пластичным, т. е. способным легко изменять объем всей своей массы, принимать любую форму и сохранять эту форму после высыхания. Другими словами, он при обработке принимает форму ленты.

Или он может отличаться меньшей влажностью, и вместе с уменьшением влажности будут расти его связность (т. е. величина сопротивления силам, стремящимся разъединить слагающие его частички, а следовательно, и обработке) и склонность образовывать глыбы.

Верхний горизонт почвы, покрытый многолетней травянистой растительностью, отличается большим содержанием живых и мертвых корней и побегов

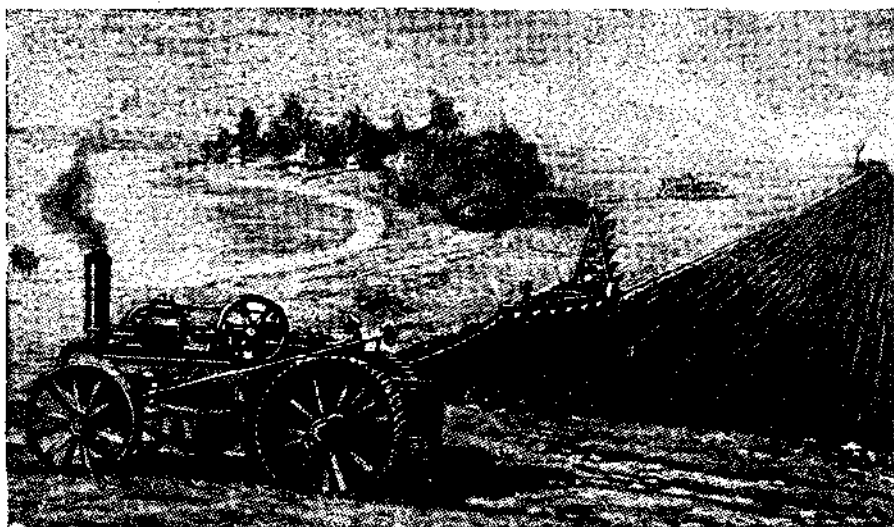


Рис. 169. Применявшаяся в середине XIX в. вспашка закатным плугом с двумя паровыми локомотивами Фуллера.

растений. Эти элементы увеличивают в значительной степени сопротивление почвы разрыву, и пласт в сильной степени приобретает при вспашке упругость и склонность разрываться на дернины.

Сельскохозяйственное использование почвы, особенно при уборке урожая, всегда связано с передвижением по поверхности поля людей, тракторов, животных, повозок, поэтому верхний горизонт почвы всегда более уплотнен. Насколько влияет уплотнение почвы на величину ее связности, видно из результатов ниже приведенного опыта проф. А. А. Фадеева:

Влажность почвы (в весовых процентах)	Связность почвы (в г на 1 кв. см)	
	неуплотненной	уплотненной
3,5	2 400	12 000
1,5	4 250	44 000

Эти числа одновременно демонстрируют и огромное возрастание так называемого сопротивления почвы на скалывание при ее высыхании.

Под влиянием такого сильного возрастания связности почвы при ее уплотнении верхний горизонт утрачивает способность крошиться и при обработке отваливается глыбами. Вероятно, всякий припоминает неоднократно виденную картину вспаханного поля, по которому до вспашки была протоптана тропинка.

Направление тропички ясно заметно по большим глыбам, поднятым на месте, где она проходила.

Наконец, в верхнем горизонте почвы при всяких условиях сильнее, чем в нижних горизонтах, *выражен аэробный процесс разложения органического вещества*. Но в процесс полного разложения мертвых органических остатков вовлекается и перегной почвы. Очевидно, что вместе с уничтожением перегноя и *структура почвы будет уничтожаться*. Кроме того, верхние горизонты почвы приходят в соприкосновение с капельно-жидкой атмосферной водой, и она действует не только механически на разрушение структуры, но и облегчает его путем выщелачивания поглощенного иона кальция.

Содержащийся всегда в атмосферных осадках аммоний замещает поглощенный перегноем катион кальция, который вытесняется в нижние горизонты почвы. Лишенный катиона кальция перегной, как мы уже знаем, теряет свою прочность и цементирующие свойства.

Насколько велико влияние структурного состояния почвы на изменение ее связности, видно из следующих чисел:

Влажность почвы (в весовых процентах)	Связность почвы (в г на 1 кв. см)			
	Размеры комков почвы		Раздельночастичная почва	
	2—1 мм	1—0,5 мм	природная	уплотненная
3,5	670	1 115	2 400	12 000
1,5	700	1 880	4 250	44 000

Под влиянием всех этих моментов, которые в различных почвах могут проявляться с разной силой и в разнообразных комбинациях, *верхний горизонт пласта органически не способен крошиться*. Его можно искусственно раздробить на мелкие куски в случае преобладания в нем связности, что наблюдается на сухой почве жнивья. Но эти искусственные комки не будут и не могут обладать прочностью, и поэтому под влиянием первого прикосновения дождевой воды эти комки вновь расплывутся в сплошную бесструктурную массу.

В случае преобладания в верхнем слое пласта упругости вследствие содержания органических остатков, что мы наблюдаем на дернине, приемы боронования или разрезывания дисками, при помощи которых мы можем измельчить дернину, неминуемо приведут к полному разрушению 50—60% всех комков. Результат будет тот же, что и в первом случае.

Нижний горизонт пласта представляет во всех отношениях полную противоположность верхнему.

Нижний горизонт обладает способностью крошиться, верхний же не обладает этим свойством ни в какой мере.

Стремление придать верхнему горизонту пахотного слоя прочную комковатую структуру посредством обработки есть стремление достигнуть недостижимого.

Тысячелетний опыт всех народов мира, производивших мелкую вспашку на 10—12 см с последующими обработками боронами и катками, подтверждает этот вывод.

Принципы возвращения верхнему горизонту утрачиваемых им свойств. Поэтому наиболее совершенным способом обезвредить этот верхний горизонт, утративший свои технические производственные положительные свойства, будет удаление его и замена новым горизонтом, обладающим необходимыми производственными свойствами.

А верхний горизонт нужно поставить в такие условия, в которых он мог бы восстановить свои первоначальные свойства, способность крошиться и приобрести прочность придаваемой ему структуры. Нужно прежде всего обеспечить этому слою *невозможность действия на него капельно-жидкой атмосферной воды*, особенно воды, содержащей в растворе соли аммония, ибо это фактор, разрушающий структуру, и в его присутствии все другие меры будут недействительны.

Нужно *удалить все причины механического разрушения структуры* и по возможности *ослабить аэробное разложение органического вещества*, чтобы дать возможность накопления в нем перегноя. Комбинация таких условий создается в нижнем горизонте пахотного слоя.

Влияние содержащей аммонийные соли капельно-жидкой воды атмосферных осадков будет целиком парализоваться верхним горизонтом. Вода будет проникать в нижний горизонт в форме медленного тока волосной воды, пробираться по поверхности бесчисленных комков верхнего горизонта. Медленность тока будет обуславливаться тем, что на своем пути вода будет восполнять запас воды верхних комков, иссушенных растениями. Вместе с тем аммоний, содержащийся в воде, будет поглощен перегноем верхнего горизонта, и на его место станет вытесненный кальций, который будет поглощаться перегноем нижнего горизонта.

Кроме того, в верхнем горизонте будет совершаться энергичный аэробный распад органических остатков, и в числе прочих солей будут освобождаться серно- и азотнокислые соли кальция, способные при ионизации выделить катион кальция. Эти соли будут растворяться водой, омывающей комки верхнего горизонта с их поверхности, на которой и совершается процесс распада органического вещества; перегной почвы нижнего горизонта постепенно будет насыщаться катионом кальция, и будет восстанавливаться прочность структуры почвы нижнего горизонта.

Наконец, хорошо выраженный аэробный процесс верхнего горизонта будет служить лучшим фильтром для задержки проникновения свободного кислорода воздуха в нижние горизонты, и по мере углубления все более будет затухать аэробный процесс, и все ярче будут выражаться условия анаэробизиса, наличие которых обеспечит накопление перегноя в нижнем горизонте, даже на живые однолетние растения.

Одно из главных условий правильной системы обработки — это категорическое требование осенней вспашки, производимой по возможности тотчас за уборкой урожая. Это требование настолько важно, что в Западной Европе уборка хлебов производится непременно в направлении будущей вспашки, и бабки, крестцы или суслоны ставятся в один по возможности густой ряд, чтобы иметь возможность одновременно с уборкой начать и вспашку на зябь, которая заканчивается в один день с окончанием возки снопов.

Полное объяснение требования ранней зяблевой вспашки заключается в следующем. Процесс анаэробного разложения, при котором образуется перегной, обуславливающий прочность почвы, требует как исходного материала непременно неразрушенных органических остатков в виде корней, жнивья и т. д.

Все культурные однолетние растения принадлежат к степной растительной формации, существенное свойство которой — обязательное разрушение органических остатков ее представителей исключительно аэробным процессом. Это разрушение протекает настолько энергично, что уже через две декады после уборки однолетних растений никаких следов отмерших корней в почве не остается. Аэробный процесс целиком разрушает все органические остатки. Поэтому в почве при поздней осенней вспашке жнивья не будет материала для образования свежего перегноя. Так как «выход» перегноя по отношению к количеству разрушенного мертвого органического вещества очень невелик, то понятна и торопливость со вспашкой, — аэробный процесс не ждет.

Что касается уже содержащегося в почве перегноя, то он для поддержания жизнедеятельности анаэробных бактерий непригоден. Он состоит преимущественно из ульмина, отброса анаэробного же процесса, и может быть разрушен только аэробным процессом, который в нижнем горизонте представлен очень несовершенно.

Если к моменту уборки почва сильно пересохла, то немедленная пахота на полную глубину может оказаться неосуществимой. В таком случае применяют мелкое лушение. Поверхностные глыбки создадут изолирующий горизонт, и почва вскоре становится влажной, после чего следует немедленно приступить к глубокой вспашке.

Теоретические основы вспашки плугом с предплужником. На вышеизложенном построены теоретические основы вспашки плугом с предплужником. Она состоит в том, что пласт оборачивается в два приема. Сначала оборачивается предплуж-

ником разломленный на грубые глыбы или разорванный на дернинки верхний горизонт пахотного слоя, не разбитый и не разрезанный, а разломившийся на крутом рухадловом отвале предплужника по поверхностям наименьшего сопротивления массы почвы.

Верхний горизонт, опрокинутый в борозду, засыпается главным корпусом плуга комковатой массой почвы нижнего горизонта, способного крошиться и обращенного в комковатую, почти не содержащую пыли массу на поверхности также крутого рухадлового отвала.

Рудольфу Сакку удалось сконструировать один плуг, соединивший в своей работе все выгодные элементы двойной вспашки двумя плугами и отвечающий как механическим, так и экономическим и организационным требованиям, предъявляемым вспашке.

Рабочие элементы культурного плуга. Рабочие элементы плуга Сакка состоят из главного корпуса, слагаемого лемехом и отвалом, из ножа и предплуж-

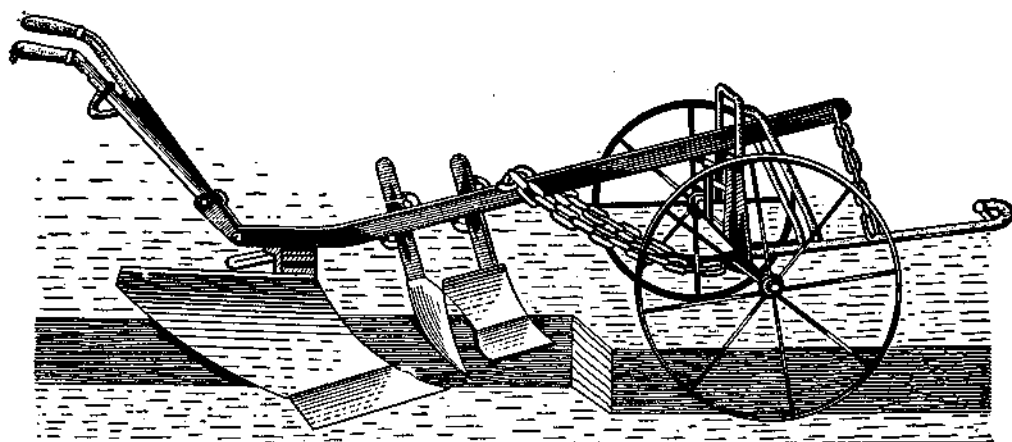


Рис. 170. Однокорпусный конный плуг Р. Сакка с предплужником для культурной вспашки.

ника (рис. 170). Предплужник представляет точную уменьшенную копию главного корпуса. Это — рухадловый отвал с очень крутым лемехом. Все рабочие поверхности предплужника строго параллельны соответствующим поверхностям главного корпуса. Этим предплужник существенно отличается от скиммалтера английских плугов и добойтера американских плугов.

Рудольфу Сакку пришлось решать довольно трудную конструктивную задачу. Все плуги старых систем без предплужников, изготавливаемые главными западноевропейскими заводами, были рассчитаны на полное использование силы пары крупных лошадей. Введением предплужника вносится второй корпус с ножом, лемехом и отвалом, который, как показывает опыт культурной вспашки, требовал усилия, превышающего силы одной лошади (брабансона), т. е. требовал бы прибавки третьей лошади. Рудольф Сакк задался целью ввести новый корпус предплужника, не увеличивая силы тяги плуга. Чтобы ясно отдать себе отчет, каким образом удалось ему осуществить свою идею, нужно подвергнуть анализу сопротивление различных рабочих элементов плуга.

Если определить раздельно силу тяги ножа, лемеха и отвала, то получится такое соотношение. Нож потребляет в своей работе 40% общего количества затрачиваемых на вспашку усилий. Лемех и отвал потребляют каждый по 30% общего усилия (конечно, эти величины средние). Кроме того, если расчленить работу верхней половины ножа и его нижней половины, то окажется, что верхняя половина потребляет 75% всех усилий, потраченных на работу ножа, а нижняя половина — остальные 25% их. Это станет понятным, если вспомнить, что верхняя половина пласта отличается наибольшей связностью и ножу приходится здесь

работать как «на скалывание», так и на преодоление трения. У нижней части ножа работа на скалывание совершенно отсутствует, и в работе ей приходится преодолевать только трение. Лемеху главного корпуса приходится затрачивать работу на разрушение всех комков по пути его разреза, а дальше приходится преодолевать только вес пласта. Лемех предплужника, кроме тех же затрат работы, должен еще производить работу на скалывание верхнего горизонта, не способного крошиться. Совершенно так же и работа отвалов предплужника и главного корпуса будет отличаться тем, что отвалу главного корпуса приходится преодолевать только трение пласта и его вес, а отвалу предплужника, кроме тех же моментов, придется преодолевать значительное сопротивление верхнего горизонта пласта на скручивание и измельчение на глыбы. Таким образом введение нового корпуса должно бы усилить затрату энергии на его работу больше чем вдвое.

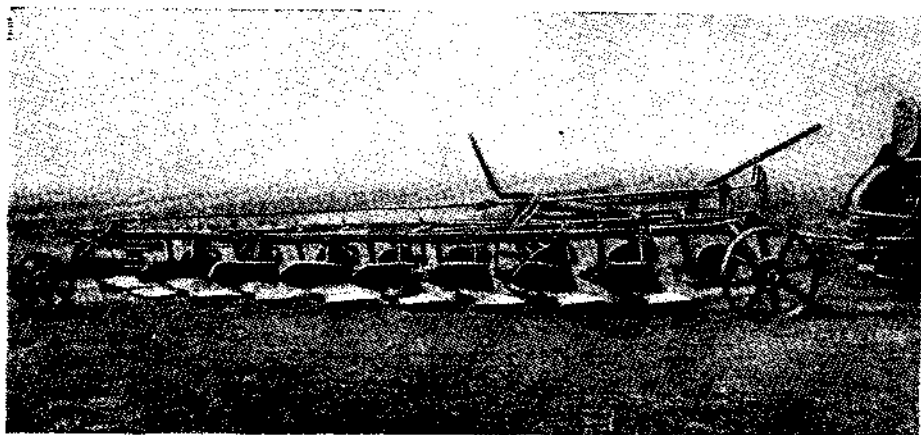


Рис. 171. Современный тракторный многокорпусный плуг с предплужниками.

Правила сборки культурного плуга. Рудольф Сакк решил свою задачу таким образом. Прежде всего он совершенно упразднил нож впереди предплужника и принужден был оставить его только у главного корпуса вследствие требования правильной вспашки чистоты нижней части борозды, по которой пойдет бороздное колесо и от чего зависят правильность следующей борозды и отсутствие отрезков.

В таких условиях нож главного корпуса потребует только 25% всей работы ножа. А так как вся работа ножа выражается в 40% общих затрат силы, то его работа в нижней половине потребует одну четверть от 40%, т. е. 10% всей работы плуга.

Одной этой экономии хватило бы на введение предплужника. Но так как лемех и отвал предплужника работают в самых тяжелых условиях, то, очевидно, нужно еще больше облегчить эту работу. Это облегчение было достигнуто Сакком тем, что он уменьшил ширину захвата предплужника на одну треть по сравнению с захватом главного корпуса.

Таким образом отрез пласта предплужника от не вспаханного поля и отрез его лемехом одной трети ширины пласта был заменен отрывом или откалыванием пласта. Это означает следующее. Прежде всего всякий отрыв, или откалывание, происходит по поверхности наименьшего сопротивления, и следовательно, на отрыв, или откалывание, будет затрачено количество энергии, меньше которого затратить нельзя. Кроме того, при отрыве, откалывании, а не отрезании, получается минимальное количество распыленных комков, что при обработке почвы имеет очень большое значение.

Сумма всех этих экономий усилий имела своим последствием то, что плуг с предплужником, при условии постановки ножа сзади предплужника, т. е. непосредственно перед главным корпусом, требует на 10—15% меньше усилия,

чем тот же плуг со снятым предплужником. Эти данные много раз подтверждались при различных испытаниях плугов и в 1935 г. были полностью проверены динамометрированием всех моментов, о которых речь была выше, кафедрой машиностроения сельскохозяйственного техникума в г. Энгельсе (АССР немцев Поволжья).

Кроме облегчения усилия, отрыв, откалывание, пласта предплужником, как с бороздной, так и с полевой сторон, заставляет пласт предплужника давить на него, как пружина. Это в значительной степени усиливает устойчивость плуга и в дореволюционной России заслужило этому плугу название *самохода*. С введением многокорпусных тракторных плугов с предплужником самоходность плугов в значительной мере потеряла свое значение, но все остальные их преимущества сохраняют полное значение. При этом нужно иметь в виду, что у много-

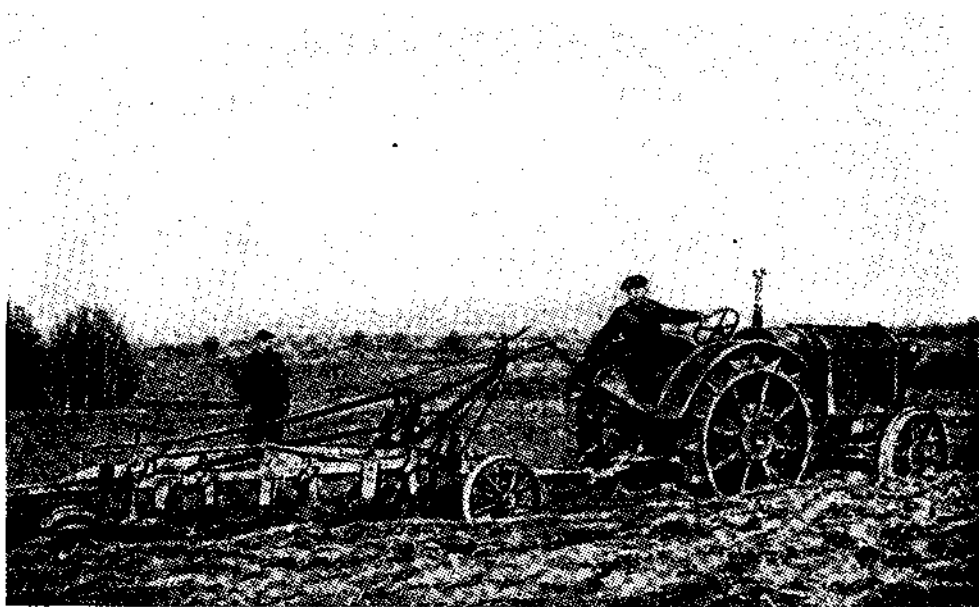


Рис. 172. Вспашка дернины тракторным трехкорпусным плугом с предплужниками в совхозе Крешнино, Московской обл.

корпусного плуга нож черенковый, а не дисковый, и должен быть сохранен только у самого заднего полевого отвала. У всех других отвалов ножи совершенно бесполезны и представляют вредный элемент, значительно усиливающий затраты энергии и, кроме того, распыляющий почву.

Самоходность плуга в семидесятых годах XIX столетия имела большое значение, особенно по сравнению с двойной вспашкой. При вспашке простыми плугами при каждом плуге должен был работать опытный пахарь. При вспашке плугом с предплужником на 10 плугов нужно было только два опытных пахаря, которые обслуживали постановку плугов в борозды на концах поля. От работника, идущего за плугом, требовалось только умение править лошадьми. И чем меньше он вмешивался в работу плуга, тем лучше получалась вспашка.

В работе предплужник снимается только при летней вспашке парового поля, а именно при запашке навоза и при операции двоения. Во всех остальных случаях применения вспашки на 20 см или глубже предплужник не снимается, так как он дает экономию 10—15% расхода горючего или затраты работы живых двигателей. Культурный плуг без предплужника представляет простое ружадло со всеми его недостатками. Кроме того, нельзя забывать, что применение предплужника совершенно упраздняет употребление дорогостоящей агротехнически вредной борозбны.



Рис. 173. Поверхность клеверища, поднятого тракторным простым плугом (снизу) и плугом с предплужником (сверху). Совхоз Крещино, Московской обл. (снимок сделан по направлению пластов).

Часто снимают предплужник при вспашке невысокого жнивья или неплотной дернины под предлогом уменьшения затраты работы на обработку. Такое мероприятие — результат глубокого непонимания производственного значения предплужника, и «экономические» соображения, высказываемые при этом, вряд ли отличаются большой экономической ценностью; ведь с этой точки зрения пришлось бы признать наиболее «экономическим» посев буккером или просто наволоком под рало.

Форма отвала культурного плуга. Главный корпус плуга с предплужником представляет цилиндрическое русадло, но отличается от обыкновенного рухадла



Рис. 174. То же, что и на рис. 173.

тем, что за основание его взят не круговой цилиндр, а эллиптический, элементы кривизны которого непрерывно изменяются в направлении все увеличивающейся кривизны, а следовательно, непрерывно усиливаются и моменты крошения пласта. Плуги наших заводов снабжаются так называемыми «культурными» отвалами, т. е. оталами типа «средних». Это, несомненно, грубейшая ошибка. Крошение пласта этими отвалами менее совершенно. Но главный их порок тот, что они кладут пласт предплужника не на дно борозды, а на «щеку пласта». Из-за такого положения корневые шейки люцерны и клевера прорастают рядами и вызывают тяжелую и дорогостоящую работу по полке яровой пшеницы, посеянной по пласту (рис. 176).

Опыт показал, что глубина верхнего горизонта пласта, не способного крошиться, в среднем для самых разнообразных почв колеблется около 10 см. Кроме того, из опыта также выяснилось, что минимальная глубина нижнего крошащегося горизонта, необходимая для получения слоя комковатой почвы, достаточного для полного прикрытия сброшенного на дно борозды верхнего горизонта, должна быть также не меньше 10 см. Отсюда глубина в 20 см принята минимальной глубиной, с которой начинается возможность применения вспашки плугом с предплужником. Глубина установки предплужника на 10 см сохраняется независимо от установки основного корпуса на вспашку глубже 20 см, до 30 см. Только в случае борьбы с острцом (*Agropyrum ramosum* Trin.) глубина установки пред-

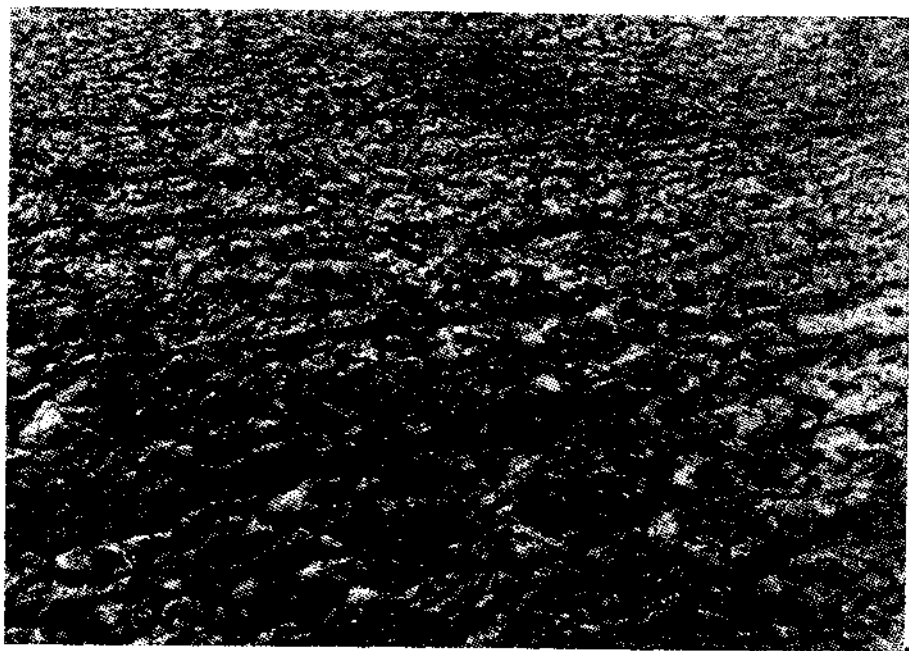


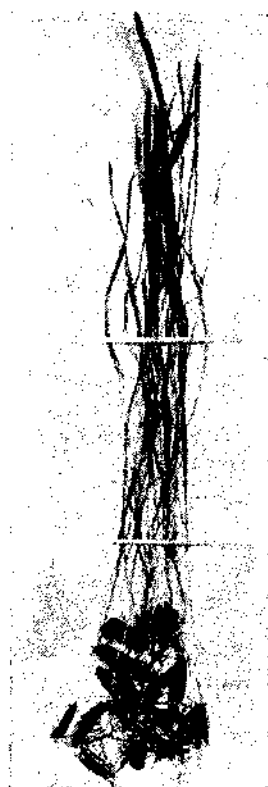
Рис. 175. Клеверная дернина, обработанная плугом с предплужником. Снимок сделан перпендикулярно к направлению пластов.

плужника повышается до 12 см, причем желательно углубить и работу главного корпуса, что на черноземах и южных черноземах не представляет препятствия. Рудольф Сакк присвоил своему плугу название культурного плуга, и с тех пор и вспашка плугом с предплужником заслуженно называется культурной вспашкой. Быстрое распространение сакковского культурного плуга во всей Европе, включая и Англию, было обязано и целому ряду других достоинств культурного плуга. Главное из этих достоинств было то, что весь плуг Сакка сделан из стали. Отвалы его сделаны из трехслойной стали: передний слой — броневая сталь огромной крепости, средний слой — мягкая пружинная сталь и задний слой — такая же броневая сталь, как и переднего. Такой материал отвала гарантирует неизменяемость его формы при любых колебаниях температуры. Немаловажную роль сыграла и стандартизация головок всех болтов и гаек, так что при разборке и сборке плуга можно пользоваться одним ключом.

В продолжение четырех лет культурный плуг Сакка вытеснил все системы плугов в Западной Европе, и все европейские заводы перешли на изготовление только плугов с предплужниками. Очень показательным моментом представляется то, что на Всемирной выставке в 1871 г. в Париже Рудольфу Сакку был присужден специально для него изготовленный единственный почетный диплом.



А



Б



В

Рис. 176. Результат обработки почвы плугом с неправильной формой отвала (так назыв. «культурная форма») и с такой же формой предплужника, кладущего пласт не на дно борозды, а на «щеку» предыдущего пласта: А — отрезки корневых шеек и корней люцерны, прорастающие в этих условиях (люцерна запахана в 1937 г., сфотографирована 10/V—1938 г.); Б — проростки овсяга (*Avena fatua*). Прорастают рядами по направлению борозд; В — поле яровой пшеницы, которую приходится пропалывать от проросшей люцерны. (Кубанская опытная станция, ст. Кубанская).

Глубина вспашки в 20 см всюду признается теперь в качестве *нормальной* глубины вспашки.

Вспашка на глубину меньше 20 см называется *мелкой*. Если пахать плугом с предплужником на меньшую глубину, то из-под комковатой почвы будут выступать куски нераскрошенной дернины, и нужно будет применять диски или бороны. Кроме того, при мелкой вспашке пырейного перелога пырей вновь прорастет. Вспашка на глубину больше 20 см называется *глубокой*. Если вспашка производится на глубину свыше 30 см, она носит название *райольной* и требует особо предназначенных райольных плугов (рис. 177).

Работа волокуши. Вспашка плугом с предплужником оставляет на поле невысокие гребни. Если сеять по такому полю, то семена очутятся в различных условиях влажности. Получится пестрое поле.

Чтобы сгладить эти гребни, весной перед посевом пускают по полю *деревянную волокушу*. Волокуша состоит из трех параллельно соединенных 50-сантиметровыми цепочками, веревками или прутьями на кольцах деревянных брусьев. Длина каждого бруса 1 м, и поперечное сечение его 5 см (рис. 178).

Волокушу следует пускать *под углом к направлению гребней*. При этом она снимает верхнюю часть почвы гребней и тут же рядом ссыпает ее в борозды. Получается совершенно ровная поверхность, по которой можно пускать рядовую сеялку.

Вспашка плугом с предплужником как дернины, так и живья совершенно устраняет необходимость применения тяжелой и вредной работы дисковых и протых борон и катков.

Гвоздевка. Весной после перезимовки зяблевой вспашки поверхность ее может сильно заплывть и образовать корку, для разрушения которой волокуша окажется слишком слабой. В этом случае работа волокуши заменяется работой гвоздевки.

Гвоздевка представляет ту же волокушу, передние брусья каждого звена которой снабжены одним рядом коротких зубьев. Работа гвоздевки, вследствие наличия в ней только одного ряда зубьев-гвоздей, гораздо менее вредна, чем работа бороны, вред которой причиняется главным образом работой второго и остальных рядов зубьев. Существует, кроме простой гвоздевки, еще волокуша Дэнэ, у которой зубья переднего ряда могут закрепляться под любым углом.

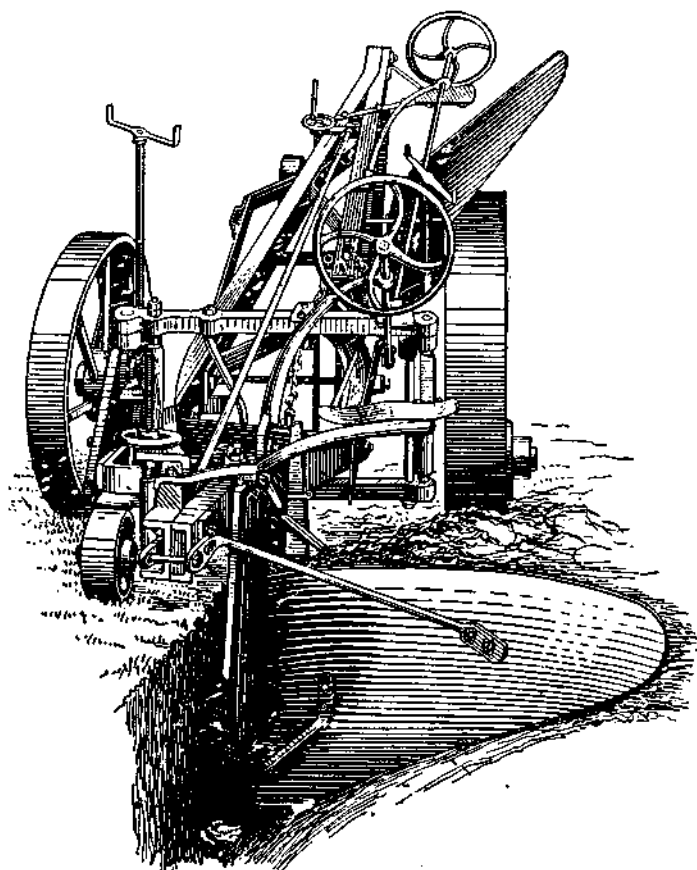


Рис. 177. Райольный плуг.

Углубление пахотного слоя подзолов. Переход от мелкой вспашки в 10—12 см, господствовавшей в условиях капитализма, раздробленного крестьянского землевладения, к нормальной глубине часто не требует никаких особых предосторожностей в случае, если углубляемый слой лежит в пределах дернового, т. е. содержащего перегной, горизонта и обладает прочной комковатой структурой.

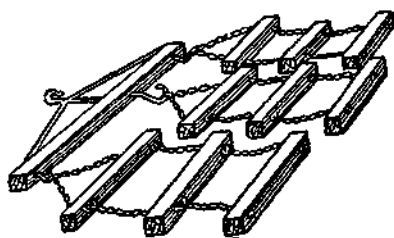


Рис. 178. Схема устройства волокуши.

В случае же отсутствия в нем перегноя, что часто встречается на подзолистых почвах, такое углубление требует известной подготовки подзолистого горизонта. Прежде всего подзолистый горизонт отличается чрезвычайной бедностью элементами пищи растений. Кроме того, он представляет пылеватую бесструктурную массу. Примешивание этого горизонта

к пахотному слою, очевидно, резко уменьшит в нем содержание элементов пищи, и примесь распыленной массы снизит эффективность его прочной комковатости. Кроме того, этот горизонт отличается обыкновенно ярко выраженной кислой реакцией.

Очевидно, что предварительно, перед примешиванием к пахотному слою этого горизонта, его нужно лишить этих отрицательных свойств. Это достигается путем предварительного рыхления его почвоуглубителем и внесением полного ми-



Рис. 179. Работа волокуши под углом в бороздах (по Азребоз).

нерального удобрения. После такого рыхления поле засеивается смесью многолетних трав, корни которых проникают в этот горизонт и обогащают его перегноем. Посевы многолетних трав известкуются для нейтрализации кислой реакции горизонта.

После такой подготовки можно при перепашке травяного поля углубить вспашку на 5 см, причем нижележащий подпахотный горизонт вновь обрабатывается почвоуглубителем, и в ближайшее поступление его под паровую обработку пахотный слой углубляется до нормальной глубины 20 см, причем в паровое поле обязательно вносятся навоз и полное минеральное удобрение.

По такой же системе поступают и при последующем углублении пахотного слоя, подготавливая выворачиваемый горизонт постепенно на 3—5 см почвоуглубителем и выворачивая подготовленный горизонт непременно при зяблевой обработке пара.

Углубление пахотного горизонта солонцов. В случае углубления пахотного слоя на солонцеватых почвах или солонцах этому углублению непременно предшествуют две операции: 1) обязательное внесение гипса или серы и одновременный 2) посев смеси многолетних трав, желтой или средней (гибридной) люцерны с узкоколым житняком. Эта смесь многолетних трав остается на поле в течение двух или трех лет. Под влиянием внесенного гипса бесструктурный горизонт солонцов приобретает зернистое сложение, которое очень быстро превращается в комковатую структуру корнями многолетних трав, после чего этот горизонт свободно подвергается обработке и дальнейшему углублению. Известно, что в солонцеватых почвах и солонцах ни под каким видом не вносятся, так как главный недостаток этих почв представляет их повышенная щелочная реакция. Кроме гипса и серы (серного цвета), при обработке солонцов большую пользу приносит внесение навозного удобрения, физиологически-кислых удобрений, в особенности сернокислого аммония и отбросов производства серной кислоты, так называемых колчеданных огарков, если они имеются по близости.

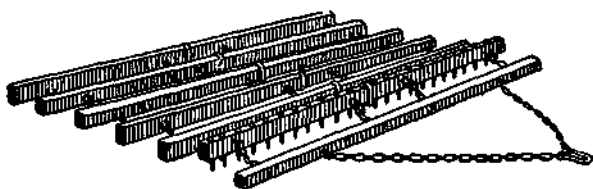


Рис. 180. Гвоздевка (по Азребаев).

Углубление пахотного слоя глубже 20 см, а тем более райолирование на почвах, содержащих большое количество перегноя, например, черноземах, равно как на тяжелых глинистых почвах, требует осторожности и обыкновенно подготавливается предварительным применением, в течение 2—3 лет, подпочвенной пахоты, т. е. разрыхления каждой борозды плуга при вспашке на зябь посредством подпочвенника или почвоуглубителя (рис. 181).

Причина этой предосторожности заключается в том, что глубокий подпахотный горизонт, даже обладающий безупречной структурой (крупка), в вывернутой на поверхность почве приобретает ядовитые для растений свойства.

Углубление пахотного горизонта черноземов. Особенной осторожности требует углубление пахотного горизонта на черноземах. В черноземах глубокие горизонты отличаются почти всегда значительным содержанием элементов пищи и безукоризненной структурой, они и называются крупкой.

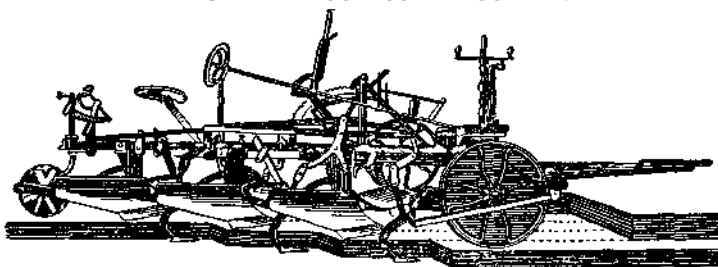


Рис. 181. Трехкорпусный тракторный плуг с предплужниками и почвоуглубителями в каждой борозде.

Но горизонт крупки всегда содержит значительное количество марказита, двусернистого железа. Вследствие господства в подпахотном горизонте анаэробного процесса все сернистые соли, образующиеся в верхнем слое при аэробном разложении пожнивных остатков и проникающие в глубже лежащий горизонт, восстанавливаются в сернистые соединения и путем обменной реакции с окисью железа породы образуют марказит. Пока марказит лежит в горизонте абсолютного анаэробнозиса, он, как нерастворимый в воде, не приносит растениям никакого вреда, но как только сернистое железо будет вывернуто вспашкой в поверхностные горизонты почвы, оно быстро окисляется кислородом воздуха, образуя свободную серную кислоту и сернокислую соль закиси железа. Сернокислая закись железа окисляется, образуя в конечном счете окись железа и свободную серную кислоту.

Серная кислота и сернокислая закись железа представляют чрезвычайно сильные яды для высших растений, и разрыхление подпочвы не может помочь, так как оно не может нарушить условий анаэробизиса, зависящих от наличия резко выраженного аэробного процесса разложения органического вещества в верхнем горизонте чернозема.

Поэтому операция углубления пахотного слоя на черноземе, а равно и на всех богатых органическим веществом почвах, как, например, торфяных, производится исключительно при осенней вспашке, после чего обязательно оставляют поле под черным паром. При этих условиях марказит успеет окислиться еще с осени, а частью осенью, частью летом растворимые продукты его окисления будут выщелочены вновь в подпочвенный горизонт, где будут восстановлены в марказит. Но и при соблюдении этих предосторожностей не следует производить углубления больше как на 5 см в один прием. Химический анализ может дать здесь хорошие руководящие указания.

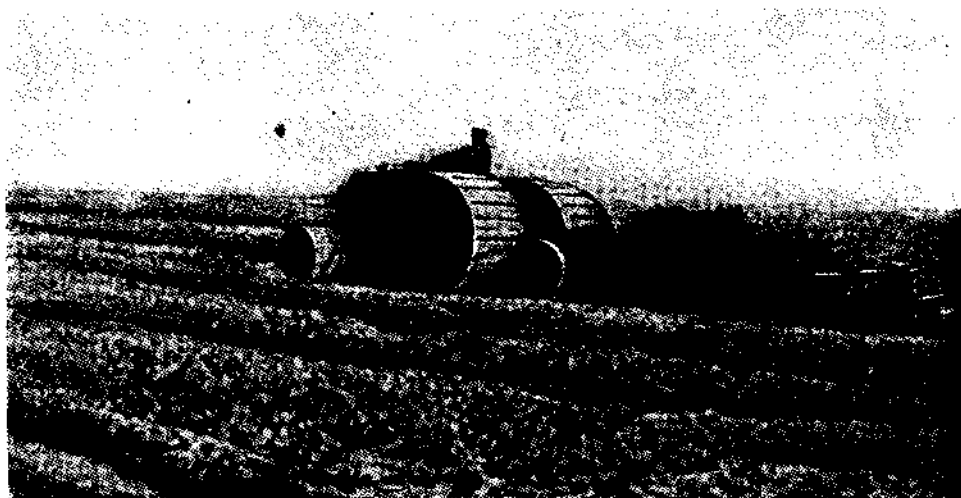


Рис. 182. Фрезерная машина в работе.

В последние два десятилетия было несколько попыток заменить культурный плуг. Из них самой неудачной надо признать попытку ввести предплужник в плугах крестьянских, рассчитанных на вспашку в 10—15 см. Не говоря о конструктивных неудобствах, таким плугом стремятся раскрошить тот горизонт почвы, который неспособен крошиться.

Работа фрезерной машины. Другую попытку представляет введение фрезерной обработки. В фрезерах, или фрезах, рабочий элемент — фрезерный крючок, или лапка, которые при вращательном движении барабана, на котором прикреплены крючки в различных комбинациях, отделяют небольшие количества почвы на всю глубину обрабатываемого пласта и равномерно перемешивают их с измельченными ими же элементами дернины, жнивья или навоза. При работе на почвах минеральных происходит очень сильное распыление почвы (рис. 182).

Повидимому, дело обстоит лучше на почвах торфяных.

Плуг Хэмшо. Чрезвычайный интерес представляет ротационный плуг Хэмшо (С. М. Hamshaw), в котором также принцип тяги и оборота пласта заменен принципом вращения и откалывания пласта ударами лемеха по поверхности почвы. Рабочая часть ротационного плуга — плужный лемех, захватывающий пласт от 5,5 до 11 см толщиной (рис. 183). Насколько можно судить по описаниям работы ротационного плуга, он обещает коренной переворот в конструкции орудий обработки почвы. Представляется действительно необходимой постановка опытов с этим плугом.

При сопоставлении всего сказанного в настоящей главе неизбежен один вполне определенный вывод, что при обычных широко распространенных во всем СССР тракторных многокорпусных плугах с отвалами полувинтового типа, без предплужника, рассчитанных на глубину вспашки в 15—18 см, серьезный успех в сельскохозяйственном производстве безусловно неосуществим. До тех пор пока обработка почвы не освободится от необходимости применения борона и дискового культиватора, сельское хозяйство будет одной рукой немедленно разрушать то, что было создано другой.

Избавиться от борона как орудия обработки почвы и от дисков можно только введением вспашки с предплужником на глубину не меньше 20 см с последующим применением волокуши или гвоздевки.

Бороньба как прием ухода за растением. Борона нормально применяется для обработки почвы только в том случае, когда последняя покрыта растением. Такие случаи представляются при бороновании озимей ранней весной и многолетних трав после укоса. Цель боронования состоит в создании изолирующего слоя, который сведет до минимума потерю воды почвой помимо растений. Бороньба растений производится непременно тяжелыми железными боронами на длинных постромках или прицепных приспособлениях. Легкие бороны или бороны, движущиеся неплавно, скачками, недостаточно рыхлят почву и без пользы уничтожают много растений. Бороньба озимей всегда производится поперек рядов растений, как при посеве рядовом, так и разбросном, при котором всегда образуются ряды от орудий, которыми прикрывается посев, иначе зубья могут вырывать растения целыми рядами.

При рядовом посеве, непосредственно после его окончания, поле боронуется в один след самой легкой бороной (рис. 184). В этом случае применяют непременно широкие многозвенные бороны на длинных постромках или прицепных приборах. Борон однозвенных нужно избегать во всех случаях, они вследствие неплавности хода сильно распыляют почву.

Катки. Катки нормально применяются при культуре многолетних трав на торфяных почвах и в кормовом севообороте примноголетнемпользовании сложной смесью трав. Здесь почва в течение зимы может сильно оседать, и узлы кущения тонких, нежных молодых злаков обнажаются после выхода из-под зимнего снегового покрова. В таком состоянии травы не кустятся, легко полегают, посевы трав быстро засыхают. Укатывание производится тяжелым гладким катком, после чего узлы кущения быстро укореняются и новые побеги, образующиеся после цветения, углубляются в почву.

Все другие случаи применения борона и катка ненормальны и вынуждаются несовершенством обработки почвы плугом.

Можно было говорить о невозможности введения культурной вспашки в дореволюционное время, но сейчас, в условиях Союза советских социалистических

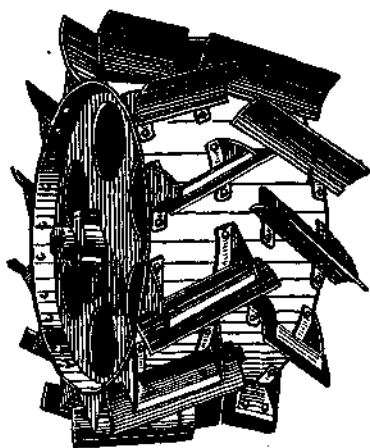


Рис. 183. Барабан ротационного плуга Хамшо (по J. Littoy, The rotary plow, invention of C. M. Hamshaw. Chicago, 1923).

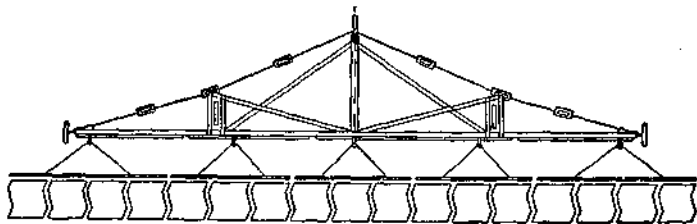


Рис. 184. Легкая борона в тракторной сцепке, употребляемая после рядового посева.

республик, при наличии социалистической индустрии и высокой технической вооруженности совхозов и колхозов, все возможности открыты.

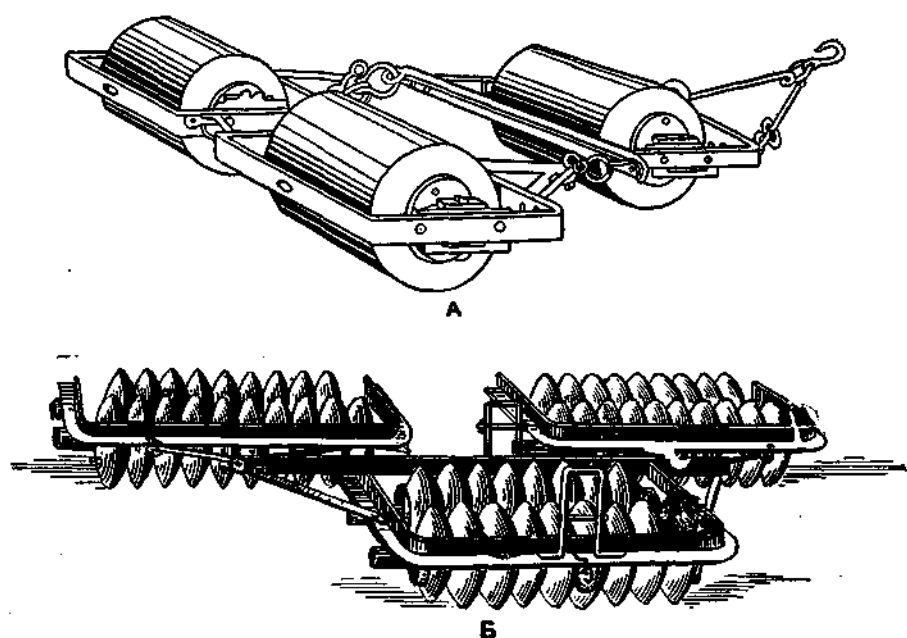


Рис. 185. Гладкий каток, применяемый для весеннего укатывания травяного поля лугового севооборота (А) и глыбодроб (Б), применявшийся при вспашке плугом без предплужника и для ломки ледяной корки на озимых.

Введение культурной вспашки плугом с предплужником представляет без преувеличения самую важную задачу советской революционной агрономии, так как о бесструктурности почвы разбивается эффект всех без исключения агрономических мероприятий всех порядков.

СИСТЕМА ОСНОВНОЙ ЗЯБЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ (ЛУЩЕНИЕ ЖНИВЬЯ И ЗЯБЛЕВАЯ ВСПАШКА)

Системы обработки почвы. — Задача системы зяблевой обработки. — Засоренность и засорение почвы. — Борьба с энтомовыми вредителями. — Задачи приема лущения жнивья. — Классификации сорняков. — Производственные свойства сорняков. — Энтомофиты. — Лущение жнивья и послеуборочные дожди. — Пырей и овсюг. — Время производства лущения жнивья. — Глубина лущения жнивья. — Зяблевая вспашка.

В социалистическом сельскохозяйственном производстве, так же как в сельском хозяйстве дореволюционном, обработка почвы совершается почти непрерывно с самыми разнообразными целями. Это разнообразие случаев обработки почвы давно возбуждало потребность приведения их в какую-либо систему, обобщающую их задачи. В дореволюционное время системы обработок почвы строились по двум принципам. Первый принцип — систематизация обработок почвы по культурным растениям, возделывание которых принято было сопровождать тем или иным чередованием обработок почвы. На этом фоне и развилась сохранившаяся еще до сих пор классификация систем обработок под яровые хлеба, под озимые, под пропашные, под травы и т. д., причем каждая из таких систем подразделялась еще по ботаническим видам растений, которые слагали данные разделы культур.

Такой принцип вызывал необходимость повторения общих всем этим системам задач и приемов обработки в каждой группе рассматриваемых растений. И совершенно ясно намечалась необходимость объединения общих задач обработок в одно целое, обнимающее требования создания условий плодородия почвы и борьбы с элементами, нарушающими эти условия. Эти моменты составляют неразрывный раздел диалектического изучения условий плодородия почвы, как применение выводов этого изучения почвы к практическим запросам производства.

Раньше, при господстве формально-дедуктивного подхода к изучению природных процессов, этот раздел обособлялся в отдельную дисциплину общего земледелия. При марксистско-ленинских методах и подходах к изучению почвы этот раздел представляет неразрывную составную часть диалектического почвоведения. Приложение же выводов этого почвоведения к культуре разнообразных сельскохозяйственных растений составляет предмет растениеводства, где они и должны изучаться в неразрывной связи со свойствами и потребностями каждого культурного растения или их групп.

Еще менее приемлем второй принцип классификации систем обработок или отдельных агрономов, или отдельных опытных учреждений, при всех прочих равных условиях обобщаемых на основе статистической повторяемости правильно наблюдаемых, но неправильно объясненных природных процессов.

Социалистическое сельскохозяйственное производство, основанное на выводах научного социализма, может признать лишь одно разделение приемов обработки на системы обработки. Эти системы должны охватывать общие задачи обработки, определяющие результативность производства, и поэтому *производительность* труда в нем.

Системы обработки почвы. Больше всего отвечает этим задачам объединение всех отдельных приемов обработки в следующие системы:

1) система основной, или зяблевой, обработки почвы;

2) система предпосевной обработки почвы. Первая система охватывает все приемы создания *условий плодородия почвы* и устранения причин процессов, мешающих проявлению этих условий. Вторая система охватывает преимущественно приемы, удовлетворяющие *общим требованиям культурных растений*.

Здесь же необходимо рассмотреть общие требования ухода за растениями при посредстве воздействия на почву, причем приемы ухода за растениями в этом отношении могут быть объединены в

3) систему ухода за растениями.

Все же детали ухода за растениями и мелкие изменения в общих системах основной и предпосевной обработки, в зависимости от сорта и вида растений, составляют предмет растениеводства.

Совершенно понятно, что если остаться при устаревшем, но принятом во всех странах делении на почвоведение и общее земледелие, то почвоведение приобретает свойство чистой науки, по существу никому не нужной, оторванной от потребностей общественного производства. И поэтому так разделенные дисциплины обе неминуемо обречены на развитие в морфологическом направлении. Земледелие, оторванное от почвоведения, обращается в простой перечень шаблонных и трафаретных приемов, применяемых в практике земледелия разных стран или рекомендуемых разными опытными учреждениями или хозяевами-практиками. Или в лучшем случае, чтобы сохранить внешние признаки научности, такое земледелие принуждено излагать «свои» научные основы, т. е. почвоведение с обывательской точки зрения. Как показывает многолетний опыт, та же участь постигает и растениеводство, оторванное от почвоведения и ботаники.

Совершенно понятно, что проведение резкого отграничения как задач системы основной, так и системы предпосевной обработок представляется задачей неосуществимой. Как в природе не существует перегородок между отдельными процессами и все они связаны непрерывной диалектической связью перехода количества в новое качество, т. е., по видимому, в новый процесс, по существу представляющий иную форму движения материи, так и в системах обработки почвы достижение одних задач неразрывно связано с изменением других.

Задачи системы зяблевой обработки. Общая задача основной, или зяблевой, обработки почвы состоит в том, чтобы осуществить в почве главное условие ее плодородия, т. е. придать ей прочную комковатую структуру. Обыкновенно приписывают системе основной обработки задачу запасаения максимального количества воды. Постановка такой задачи представляет результат совершенно поверхностного наблюдения старого общего земледелия. *Накопление* максимального количества воды в течение зимы происходит совершенно независимо от приемов обработки. И задача зяблевой основной обработки — создание условий *сохранения* этого природного первого максимума влажности.

Кроме этой главной задачи основной обработки, вторая задача ее — борьба со всеми элементами, снижающими производительность труда в социалистическом сельскохозяйственном производстве. В числе элементов, снижающих общую производительность труда в социалистическом сельскохозяйственном производстве, на первом месте стоят *сорные растения*. Очевидно, что всеми преимуществами созданных условий плодородия почвы прежде всего воспользуются сорняки, так как в то время, когда семена культурных растений будут еще набухать и прорастать, в засоренной почве всегда будет иметься запас природно яровизированных семян сорняков.

Засоренность и засорение почвы. Поэтому задача борьбы с *засоренностью* почвы входит в задачи основной обработки. Но задача борьбы с засоренностью не может быть решена одной только основной обработкой и в совершенно равновеликой мере падает на систему предпосевной обработки почвы. Причины этого будут развиты впоследствии подробнее.

Но ввиду такой большой важности борьбы с сорняками первостепенной задачей основной обработки почвы представляется предупредительная борьба с *засорением* почвы, которая достижима только в системе зяблевой обработки.

Борьба с энтомофитами. Вторую группу процессов, снижающих производительность труда в социалистическом сельскохозяйственном производстве, представляет поражение растений энтомофитами. *Предупредительная борьба с ними также входит в задачи основной обработки.*

Неотделимость задач системы основной обработки от задач системы предпосевной обработки видна из того, как будет ясно из дальнейшего, что первый прием предпосевной обработки направлен на сохранение запаса воды в почве, как и при зяблевой обработке. Дальнейшие приемы предпосевной обработки направлены к удовлетворению требований высеваемых растений, и вместе с тем в них сохраняет свою остроту борьба с засоренностью почвы.

Система основной, зяблевой, обработки, в свою очередь, складывается из двух приемов: из *лущения жнивья* и *зяблевой вспашки*. Оба эти приема находятся в неразрывной диалектической производственной связи. *Каждый из них, взятый в отдельности, теряет или все свое производственное значение, или большую его часть.* Как и в случае систем обработок почвы, так и в приемах обработки нельзя указать на одну какую-либо цель этого приема обработки. Все эти приемы одновременно влияют на ряд взаимно связанных процессов.

Задача приема лущения жнивья. Задача приема лущения жнивья сводится к борьбе с засорением почвы, но вместе с тем она преследует и задачи борьбы с засоренностью почвы и неразрывно связана с зяблевой вспашкой, не только в значительной степени облегчая ее и влияя на *производительность труда* при ее выполнении, но иногда даже определяя самую *возможность производства зяблевой вспашки*.

Наконец, лущение жнивья имеет целью *борьбу с вредными насекомыми*, которую оно, однако, не может выполнить одно, без содействия зяблевой вспашки.

Чтобы сознательно отнестись к борьбе с засорением и засоренностью почвы и к неразрывности этих моментов, необходимо изучить свойства сорняков, вследствие которых они становятся бичом земледелия.

Классификация сорняков. Существует несколько классификаций сорняков по формальным их признакам, их росту или этажности и по способу их размножения. Первая классификация никакого производственного значения не имеет, хотя она и создана на чисто научных данных. Вторая классификация, созданная в производстве и существующая очень давно, по своему возрасту, повидимому, равная сельскому хозяйству, очевидно, имеет прямое производственное значение. По этой классификации мы привыкли делить все сорняки на *однолетние, озимые, двулетние, многолетние корневищные и многолетние корнеотпрысковые*. И на этих производственных признаках и основана борьба с ними.

Производственные свойства сорняков. Причины обилия и вреда сорняков в сельскохозяйственном производстве чаще всего видят в том, что они дают поразительно большое количество семян по сравнению с культурными растениями. С этим, однако, ни в какой мере нельзя согласиться. Существуют, правда, такие сорняки, каждый экземпляр которых дает, действительно, поразительное количество семян. Но как раз эти сорняки представляются наименее вредными, и с ними относительно легко справляется сельскохозяйственное производство. Напротив, самые опасные и вредные сорняки, борьба с которыми очень трудна, или дают очень мало семян и даже не каждый год, как, например, пырей и дальневосточный острец, или они дают семян столько же, как и обыкновенное культурное растение, например, овсюг дает в среднем столько же семян, сколько и овес.

Главное свойство сорняков, значительно затрудняющее борьбу с ними, это их свойство *созревать несколько раньше сельскохозяйственных культурных растений, в которых они преимущественно встречаются*. Вследствие этого свойства, какой бы прием уборки ни был применен, всегда значительное количество семян сорняков осыплется еще до уборки и огромное количество осыплется при уборке.

Второе свойство, в еще большей мере усугубляющее трудность борьбы с сорняками, представляет *недружность их всходов*, свойство, диаметрально противопо-

ложное требованию дружности всходов, предъявляемому к культурным растениям.

Старые культурные растения, лен, ячмень, пшеница, овес, рожь и др., обладают дружностью всходов, лежащей в пределах 5 дней. Через 5 дней после посева всходит от 85 до 95% всех семян. Более поздно вошедшие в культуру растения, свекла, репа, клевер, люцерна и др., дают полное количество всходов уже через 10 дней. Еще более молодые по культуре растения, многолетние травы, злаки, дают полную всхожесть через 21—22 дня, и наиболее молодые среди них — через 28 дней. При этом наблюдается такой момент: не вошедшие в 5 дней семена первой группы или вовсе не прорастают, покрываясь плесенью и сгнивая, или дают только проростки стебля или одних корней, одним словом, представляют пострадавшие при уборке или хранении семена. У остальных, в особенности у бобовых и зонтичных, из непроросших семян лишь немногие оказываются погибшими. Остальные долгое время остаются неповрежденными, но не набухают и не дают никаких признаков жизни и всходят через длинные промежутки времени и не сразу, а по одному, по два. Причина этой недружности всходов заключается в том, что слой палисадной ткани оболочек, второй, считая снаружи, обладает чрезвычайно толстыми стенками из ороговавшей клетчатки, совершенно не пропускающей воду и разрушаемой только бактериями слизистого брожения, действующими чрезвычайно медленно.

Поэтому семена бобовых, которые по внешним признакам или по испытанию всхожести содержат много ненабухающих семян, а они отличаются всегда большей мелкостью и более интенсивной окраской, подвергают или механической, или химической обработке.

Механическая обработка, кустарная, заключается в том, что такие семена перетирают руками в рукавицах или деревянными пестами в ступах с остросеребристым, горным (не пойменным и не речным) песком. Ввиду медленности такой обработки создана специальная машина, так называемая *Samenritzmaschine* (машина, насекающая семена). Машина состоит из полого стального барабана, внутренние стенки которого облицованы крупнозернистым наждаком. Барабан приводится в быстрое вращательное движение, и семена бобовых или зонтичных, поступающие в барабан сверху, сильно отбрасываются развивающейся центробежной силой к стенкам, насекаются о наждак и в таком виде вытекают снизу.

Химическая обработка состоит в том, что такие семена обрабатываются крепким купоросным маслом (уд. вес 1,84) в течение 5—8 минут, после чего тщательно промываются в воде и высушиваются.

Эта обработка должна производиться специалистом незадолго до посева, так как химически обработанные семена не сохраняются долго.

В наиболее яркой форме свойство недружности всходов семян дикорастущих растений выражено у лебеды (*Atriplex*). У лебеды каждое растение дает семена трех различных групп. Первая группа представлена семенами крупностью около 4 мм в диаметре, имеющими форму невысоких цилиндров белого цвета. Вторая группа семян представлена слегка чечевицеобразной формой, 2—3 мм в диаметре, коричневого цвета. И третью группу представляют семена крупностью в 1—1,5 мм, резко чечевицеобразной формы и блестяще-черного цвета.

Семена первой группы всходят тотчас после того, как они осыплются и попадают в благоприятные условия прорастания, т. е. осенью года созревания; семена второй группы прорастают только весной будущего года, и семена третьей группы прорастают только весной третьего года. При этом растения, выросшие из каждой группы семян, образуют семена всех трех групп. Это значит, что если в почву поля попали семена лебеды, они гарантируют присутствие лебеды, по крайней мере, на три года.

Наружная, белая оболочка семян лебеды первой группы состоит из тонкостенных клеточек, из чистой клетчатки, легко пропускающих воду и газы. Белый цвет этих семян зависит от того, что через эту оболочку ясно просвечивает белый эндосперм семян. Коричневые семена второй группы окружены более

толстостенными клеточными оболочками, у которых наибольшее утолщение сосредоточено на наружной стенке. Оболочки коричневого цвета, и через них уже не просвечивает эндосперм. У семян третьей группы клеточные оболочки верхнего слоя настолько утолщены, что противоположные стенки клеточек соприкасаются, и полость клеточки под микроскопом представляется в виде черточки. Таким образом семя третьей группы окружено как бы сплошной оболочкой ороговавшей клетчатки. Разрушение клеточных стенок семян второй группы путем слизистого брожения требует приблизительно полугода, а у семян третьей группы — не менее двух лет.

У сорных и диких рас (сизых) люцерн всхожесть семян растягивается до 7 лет. В литературе встречаются указания на то, что некоторые сорняки могут пролежать в земле до 40 лет, сохраняя свою всхожесть (золотой мак, *Elsholtzia virginiana*).

Эта недружность всходов в комбинации с ранним созреванием их представляет наиболее вредное сочетание свойств сорняков. Задача борьбы с внесением в почву семян и представляет одну из задач лущения жнивья.

Энтомофредители. Кроме того, жнивье, сорняки и падалица, взошедшая на жнивье, представляют серьезнейшую опасность заражения будущих посевов вредными насекомыми, поражения которых достигают массового проявления. К таким вредным насекомым принадлежит гессенская муха, поражающая озимые рожь и пшеницу; поражение выявляется в том, что происходит массовая поломка стеблей, кончающаяся полеганием всего посева. Такое же поражение напосит хлебный пилильщик. Куколки этих двух вредителей зимуют в нижних междоузлиях стерни. Там же зимуют и куколки шведской мухи, личинки которой поражают побеги яровой пшеницы и особенно ячменя. Вместо пораженного побега образуется новый побег, в который переселяется личинка шведской мухи, губящая его и вновь переселяющаяся в новый побег. Под влиянием этого вредителя яровые хлеба непрерывно кустятся и не выкидывают стебля.

К таким же вредителям относится и ряд других насекомых, зимующие стадии развития которых (яйца, личинки, куколки) проводят зиму в верхних слоях пахотного горизонта. Это — рапсовый пилильщик, хлебная муха, капустная муха, луговой мотылек и др.

Кроме того, большое количество вредных насекомых зимует на падалице и на осенних сорняках. Уничтожение жнивья, зараженного вредителями, и уничтожение их стадий, заражающих почву, также входит в задачу лущения жнивья.

Лущение жнивья и послеуборочные дожди. Вторая задача лущения жнивья — накопление в почве влаги с использованием для этой цели поздних летних послеуборочных дождей. Эта задача представляет огромную производственную важность, потому что из предыдущего изложения ясна огромная разница в затратах работы при глубокой вспашке сухой и влажной почвы. По теоретическому подсчету, своевременно произведенное лущение жнивья обуславливает экономию в 68% затраты работы, а следовательно, и горючего на зяблевой вспашке. Практически эта экономия горючего достигает 65%, величина, которой при огромном количестве обрабатываемой площади в СССР пренебрегать нельзя. Если осень даже бездождная, то и в этом случае горизонт почвы, лежащий под взлущенным жнивьем, становится заметно влажнее, вследствие перегонки водяного пара из нижних слоев почвы в верхние, охлаждающиеся почью.

Пырей и овсюг. Кроме всего вышесказанного, система зяблевой обработки представляет единственное могучее средство борьбы с наиболее вредными сорняками, пыреем и озимой расой овсюга.

Из сопоставления всего вышележащего ясно вытекает вся техника лущения жнивья как первой неразрывной операции, слагающей систему зяблевой обработки.

Время производства лущения жнивья. Прежде всего совершенно очевидно, что необходимо произвести эту операцию при возможно наименьшей затрате работы, т. е. при наибольшей практически возможной влажности почвы. Этот момент диктуется не только соображениями экономического порядка, но часто

на черноземах, особенно южных, упущенное время наибольшей влажности почвы для зяблевой обработки обуславливает невыполнимость ее вследствие огромного возрастания связности сухой почвы.

Производственно этот момент осуществляется тем, что лущение жнивья должно происходить одновременно с уборкой. Этот момент чисто организационный и не требует никаких расходов, безразлично, производится ли уборка комбайном или другими жатвенными машинами.

В первом случае, при уборке комбайном, солома должна немедленно или увозиться с поля, или конными граблями сгребаться в узкие валы. При уборке жнейками или лобогрейками скошенный хлеб должен немедленно вязаться в снопы, которые немедленно устанавливаются в бабки или копны, возможно тесно в один ряд, и освобожденное жнивье немедленно подвергается лущению. В Западной Европе правило, что лущильник должен въезжать на поле одновременно с уборочной машиной, считается азбучной непререкаемой истиной.

Причина этого требования заключается в том, что с момента молочной спелости приспевающий хлеб совсем не требует воды от почвы. В нем происходит только медленное высыхание налившегося молочком зерна. Вместе с тем стоящий спелый хлеб представляет самую лучшую защиту поверхности почвы от высыхания. Это происходит оттого, что ветер, представляющий один из главных факторов быстрого высыхания поверхности почвы, вступая в хлебостой, разбивается на бесчисленное количество конвекционных, вихревых, токов и его устремленность сразу уничтожается. Кроме того, спелый хлеб под влиянием ветра производит волнообразное движение, и часть воздушного тока отражается вверх. Поэтому уже через день после уборки хлеба, когда жнивье не может защищать поверхности почвы от ветра, влажность поверхностного слоя почвы быстро и сильно уменьшается, что отражается в соответствующем увеличении связности почвы. Это увеличение связности на черноземных, особенно на южных черноземных, почвах может быть таким большим, что никакое орудие не может произвести лущение. И попытки произвести его оканчиваются поломкой или орудия, или прицепных приспособлений.

Глубина лущения жнивья. Вопросом чрезвычайно важного значения представляется выбор глубины лущения, что, в свою очередь, решает и вопрос о выборе орудия для лущения. В большинстве учебников и руководств встречается указание, что лущение должно производиться на глубину 7—8 см. Такое лущение, которое, в сущности, представляет мелкую вспашку, совершенно лишает лущение жнивья его главного значения предварительной борьбы с засорением почвы. Такое лущение увеличивает засоренность почвы и переносит весь центр тяжести борьбы с засоренностью в паровое поле, которое совершенно бессильно в борьбе с корневищевыми сорняками и с овсюгом. Другими словами, этот совет служит только увеличению сорности социалистических полей.

Совершенно очевидно, что семена сорняков, густо покрывающие поверхность жнивья и представляющие большей частью очень мелкие семена, будучи запаханы на глубину 7—8 см, не будут в состоянии прорасти. Глубина, на которую следует производить лущение жнивья, не должна превышать 4—5 см. Указание на то, что такое мелкое лущение не может прикрыть жнивья и дает крайне неровную глыбистую пашню, не имеет никакого производственного значения. Запашка жнивья производится не лущением, а зяблевой вспашкой, и цель лущения, с одной стороны, — защита осыпавшихся семян сорняков от быстрых колебаний влажности и, с другой, поставка их в условия влажного подстилающего слоя. Эти моменты как раз и достигаются обращением поверхностного слоя в *глыбистую* массу, беспрепятственно пропускающую атмосферные осадки к нижнему горизонту и защищающую их от быстрого испарения. Присутствие же полужапанной стерни представляет «мульчу», защиту от испарения и выдувания.

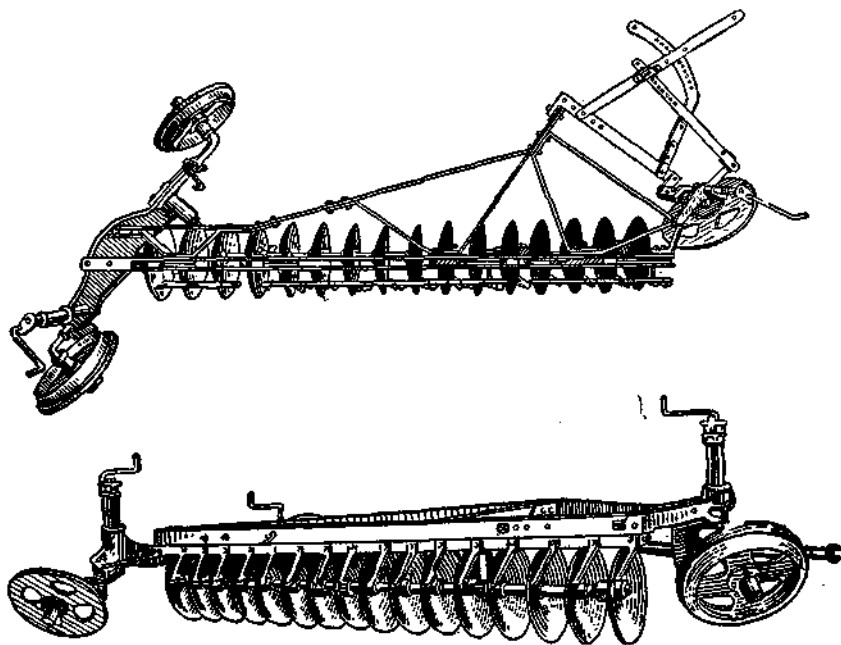
Для запыреженных участков глубина лущения дисковыми лущильниками должна быть установлена в зависимости от глубины залегания основной массы корневищ пырея.

Наличие глыбок на поверхности взлущенного жнивья имеет еще и то значе-

ние, что почва к моменту уборки совершенно не обладает прочностью и, будучи разрушена после первого дождя, сливается в сплошную корку. Как раз на этом моменте и основано правило, что *взлущенное жнивьё ни под каким предлогом не боронуется*.

Для лущения жнивья имеются специальные орудия, так называемые *пшеничные плуги*, которые и носят название «пшеничных» именно потому, что *единственное* их правильное назначение — лущение пшеничного жнивья.

Было время, когда ложнопонимаемая экономия средств производства вызвала рекомендацию применять пшеничные плуги для зяблевой и предпосевной вспашки. Само собой понятно, что такая рекомендация привела к резкому снижению урожайности как яровых, так и озимых посевов, что и вызвало запрещение правительством пользоваться пшеничными плугами для целей вспашки.



Р и с. 186. Тракторный «пшеничный плуг», марка ППТЗ, применяемый исключительно для лущения жнивья.

Тогда они были заменены отвальными (для обработки пара) лущильниками, которые могут правильно работать, только начиная с глубины 7—8 см. Глубина эта для лущения жнивья совершенно неприемлема как вредная, о чем уже было сказано выше.

Пшеничные плуги отличаются еще одним положительным свойством, широким захватом, что тоже имеет большое производственное значение вследствие срочности работы лущения. Недостаток широкозахватных пшеничных плугов состоит в том, что при недостаточно выровненных полях они не способны приспособиться к неровностям и их работа неизбежно связана с огрехами. Поэтому чрезвычайно важно советскому сельскохозяйственному машиностроению улучшить конструкцию пшеничных плугов, придав полную самостоятельность или каждому диску, или неширокой секции дисков.

Все другие орудия, применяемые для лущения жнивья, или отличаются малой производительностью, или могут работать более или менее правильно только при глубине, значительно превышающей требуемую глубину в 4—5 см. Единственное орудие, которое может заменить пшеничный плуг в случае его отсутствия, представляют дисковые бороны, так называемые *рандали*, по возможности облегченные для достижения ими малой глубины при лущении. Но все-таки нужно помнить, что такая замена будет только использованием плохого суррогата.

И если нет пшеничных плугов, то единственный способ исправить этот недостаток — приобрести их.

Необходимо помнить, что работа по лушению жнивья представляет работу ударную и должна быть закончена в возможно кратчайший срок. Своевременность выполнения этой работы диктуется также указанной выше значительной экономией на топливе, в виде жидкого горючего.

Огромное преимущество своевременного производства лушения жнивья представляет то, что за исключением того случая, когда поле заражено пыреем, лушение дает возможность растягивать (в случае хозяйственной необходимости или целесообразности с точки зрения использования средств производства) время зяблевой вспашки вплоть до глубокой осени. Но затягивать зяблевую вспашку без наличия на то серьезных поводов также недопустимо. Лушение позволяет производственному маневрировать со сроками зяби, подчиняя это маневрирование своевременному выполнению плана всех ее работ в целом.

В том случае, когда лушению жнивья подвергалось поле, сильно засоренное пыреем, свинороем или другим корневищевым сорняком, требуется немедленная зяблевая вспашка, как только покажутся всходы пырея («шильца») или другого корневищевое сорняка. Если эти всходы оставить развиваться дальше, то пырей под влиянием ассимиляции зеленой поверхностью сейчас же начнет накапливать пластический запасной материал и развивать новые корневища. Поэтому участки, сильно засоренные пыреем, должны подвергаться зяблевой вспашке исключительно плугом с предплужником, поставленным на 10 см, и с постановкой главного корпуса на глубину не меньше 20 см (лучше 22—25 см).

В этом случае сброшенные на дно борозды проростки пырея, прикрытые сверху вспушенной до 21—22 см рыхлой почвой, не будут иметь достаточного количества пластического материала, чтобы пробиться через этот слой. Этот способ борьбы с пыреем проверен мной на площади в 6 000 га песчаной земли в б. Ногайской волости, Московской области. Земли были сплошь заражены пыреем, и через два года пырея на полях уже не было. В 1934/35 г. этот прием был проверен в Днепропетровской области, и совершенно так же в 1936 г. я получил извещение опытной станции, что пырей окончательно исчез. Этот прием представляется также единственно правильным средством борьбы с овсюгом. Легенда о том, будто овсюг с осени не дает всходов, не верна, что было мной неоднократно проверено.

Борьба с корневищевыми сорняками в пару путем высевания их простыми, пружинными боронами, штанговыми культиваторами и прочими выдумками представляет лучший прием разведения пырея, так как сама операция высевания создает те условия рыхлости почвы, которые особенно благоприятствуют развитию пырея и прочих корневищевых.

По отношению к полям, не зараженным пыреем и подвергнутым лушению, операция зяблевой вспашки может быть растянута до осени, что имеет большое организационное значение в смысле выравнивания напряженности труда машинного и тракторного парка.

Зяблевая вспашка. При этом не следует забывать, что задача зяблевой вспашки состоит не в накоплении воды в почве, как принято думать, а задается целью создать рыхлый слой, свободный от распыленной почвы. И этот рыхлый слой должен служить для защиты запаса воды в почве от бесполезного испарения. Самое же накопление воды происходит независимо от того, была ли почва вспашана под зиму или не была. И лучшую иллюстрацию этого положения можно видеть в непролазной весенней распутице на непаханных дорогах.

Как было развито выше, накопление воды или возникновение первого количественного максимума весной представляет результат не обработки, а подчиняется разнице зимних температур почвы верхних промерзших горизонтов и нижних незамерзших и сохранивших еще запас летнего тепла. Минимум почвенной температуры на глубине 1—2 м наступает лишь в марте.

Момент защиты содержащейся в почве воды от бесполезного испарения проявляется при рассмотрении вопроса о сроке лушения. Стоящий припевающий

хлеб, как было выше указано, защищает поверхность почвы от бесполезного испарения, которое возобновляется тотчас после уборки хлеба. При этом разница влажности почвы может доходить до 2—4%. Такое уменьшение влажности даже на другой день после жатвы тотчас скажется на увеличении связности почвы, а следовательно, и на большом тяговом усилии при лущении, что, во-первых, отразится на экономии горючего, затраченного на лущение, а на южных чер-

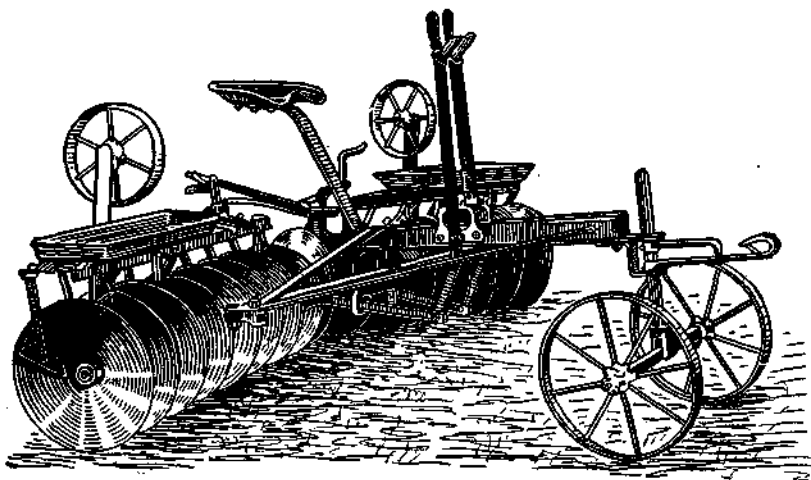


Рис. 187. Дисковый культиватор.

нозах может, во-вторых, поставить предел возможности лущения вследствие слишком большого возрастания связности. Поэтому лущение жнивья должно *непрерывно* производиться одновременно с уборкой, что, как было указано выше, представляет только организационную задачу.

Только в том случае, если поле было заражено пыреем, зяблевая вспашка плугом с предплужником на 20 см глубины должна быть произведена не позже 10—15 дней после лущения жнивья, о чем было упомянуто выше. Во всех других случаях, если было произведено лущение жнивья, время зяблевой вспашки может беспрепятственно растягиваться до осени, что в смысле организации труда и использования тракторного и машинного парка представляет огромное преимущество.

Нужно обратить внимание на то, что отрицательное влияние опоздания с зяблевой вспашкой на урожай культур будущего года может проявиться только при отсутствии предварительного лущения. И причина вреда этого опоздания заключается в несовершенстве зяблевой вспашки, произведенной на сухой почве простыми плугами. Исправление недостатков этой вспашки, чрезвычайно глыбистой, связано с повторным весенним дискованием и боронованием, путем которого быстро истрачивается весь зимний запас воды и которое, кроме того, требует большого количества труда и горючего. При пред-

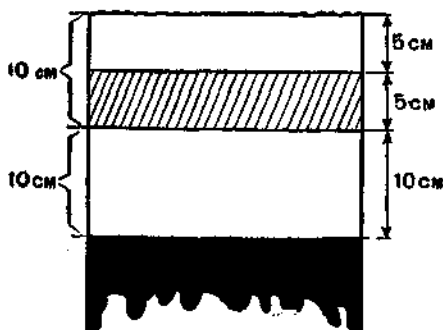


Рис. 188. Схема строения пахотного слоя. Верхние 5 см взрыхлены при лущении и вместе со следующими 5 см сбрасываются на дно борозды предплужником. Нижние 10 см засыпают сброшенную на дно часть рыхлым слоем в 15—18 см во взрыхленном состоянии.

варительном лущении сохраняется все количество воды путем применения очень дешевой весенней обработки волокушей. Кроме того, при производстве зяблевой обработки после лущения происходит значительная экономия горючего.

по сравнению с обработкой без лущения, что при большой площади социалистических полей складывается в огромную величину.

Техника зяблевой вспашки в высшей степени проста, но она требует неуклонного точного соблюдения правил. Зяблевая вспашка производится исключительно плугами с предплужниками. При этом предплужник ни под каким предло-

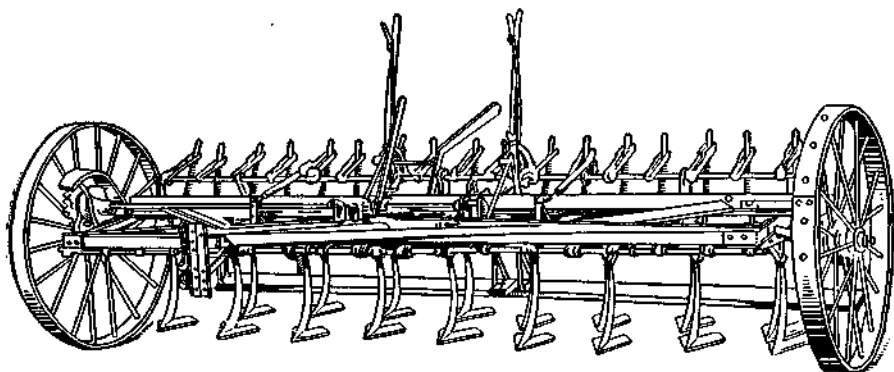


Рис. 189. Лаповый экстирпатор, применяемый осенью для подрезания проросших сорняков после зяблевой вспашки.

гом не снимается и устанавливается на глубину 10 см. Вследствие этого глубина слоя, который должен быть перевернут при зяблевой вспашке на 20 см, сводится к действительной глубине в 15 см, так как верхние и самые тяжелые 5 см уже

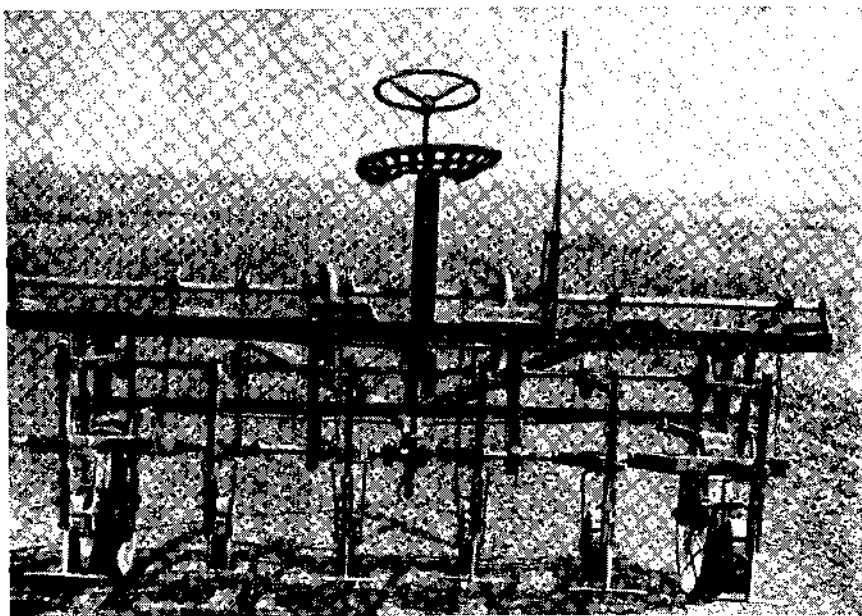


Рис. 190. Экстирпатор тов. Кастрного (слесарь совхоза им. Сталина, Воронежской обл.).

взрыхлены предварительным лущением. Зяблевая вспашка всяким плугом всегда образует гребнистую поверхность. Эти гребни осенью не уничтожаются, так как они служат для задержания снега. Поэтому зяблевая вспашка осенью ни под каким предлогом не боронится.

Совершенно так же и взлущенное поле никогда не боронуется, какой бы неопрятный вид оно ни представляло после лущения. Несовершенно прикрытое лущением жнивье совершенно прикрывается зяблевой вспашкой вследствие применения предплужника. И все зимующие стадии развития вредных насекомых, и проростки семян сорняков совершенно заваливаются зяблевой вспашкой плугом с предплужником. Поэтому никаких мер для уничтожения проростков после лущения жнивья сорняков обыкновенно не предпринимается. Только в том случае, когда теплой продолжительной осенью сорняки, проростки на участках, предназначенных к поздней зяблевой вспашке, грозят осемениться, они уничтожаются исключительно *лаповым* экстирпатором, но никак не бороной. После этого зяблевая вспашка производится в намеченные сроки.

Указанный порядок основной, или зяблевой, обработки относится ко всем почвенным разностям, всем климатическим зонам и всем последующим культурам. Некоторые изменения, касающиеся преимущественно систем удобрения на песках и песчаных почвах, будут оговорены в дальнейшем.

Нельзя не обратить внимание на частое стремление (даже некоторых распорядительных органов) заменить лущение жнивья сжиганием стерни, якобы лучшим средством борьбы с гессенской мухой. С этим вредным архаизмом нужно всячески и решительно бороться, как с огромной опасностью, с прямым разбазариванием азота и соломы.

СИСТЕМА ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ (РАННЕВЕСЕННЯЯ ОБРАБОТКА И ОБРАБОТКА ПАРОВ)

Подразделение предпосевной обработки почвы. — Ранневесенняя обработка зяблевых полей. — Изолирующий слой (mulch, мульч). — Волочение или обработка волокушей. — Применение гвоздевки. — Общие принципы всякой предпосевной обработки. — Орудие предпосевной обработки. — Общие задачи обработки парового поля. — Главная задача черного пара. — Определение времени лущения пара. — Самоочищение черного пара. — Орудие лущения черного пара. — В каком состоянии разложения вносить навоз в черный пар. — Пестрополье. — Двоение удобренного черного пара. — Орудие заправки навоза и двойки. — Лущение после заправки навоза. — Легенда о ненужности паровозного удобрения на черноземах Западной Сибири и европейской части СССР. — Задачи безнавозного (пресного) черного пара. — Последний срок глубокой летней обработки черного пара. — Предпосевная обработка черного пара. — Черный пар под яровые хлеба. — Смена черного пара занятым. — Четыре участка занятого пара. — Обработка занятого пара. — Другие разновидности черного пара.

Из предыдущего видно было, что центр тяжести борьбы с сорной растительностью в социалистическом земледелии должен быть перенесен на систему зяблевой обработки, в которой сосредоточивается как предупредительная борьба с засорением почвы, так и непосредственная борьба с самыми опасными корневищевыми сорняками, и отчасти захватываются некоторые моменты борьбы с однолетними и корнеотпрысковыми сорняками. Но из приведенных там же главных биологических особенностей сорняков с очевидностью вытекает, что одними мерами предупредительной борьбы с засорением почвы ограничиться нельзя. Ни система зяблевой обработки, ни уход за семенным материалом, ни соблюдение правил агроминимума, т. е. окашивание межинок, дорог, откосов канав и террас, выкашивание пустырей (которых в социалистическом хозяйстве не должно быть, но с которыми приходится пока считаться), — все это не может освободить от необходимости непосредственной борьбы с сорняками в поле. Эта необходимость особенно подчеркивается в период перехода от прежней, бессистемной крестьянской обработки к систематической культурной обработке колхозных и совхозных полей. Но даже и после освобождения социалистических полей от главной массы сорняков эта необходимость непосредственной борьбы сохранится под влиянием двух моментов: неминуемого заноса сорных семян ветром, птицами, платьем работников и, с другой стороны, биологическими особенностями сорняков. Поэтому все системы предпосевной обработки включают в себя как неизбежный момент меры борьбы с засоренностью; необходимо также не менее одного раза в течение севооборота один год посвящать систематической непосредственной борьбе с засоренностью почвы, т. е. обработке парового поля.

Подразделение предпосевной обработки почвы. На этом основании все системы предпосевной обработки разделяются на две группы: 1) предпосевная обработка под яровые культуры, которая, в свою очередь, распадается на два вида — обработка под ранние и обработка под поздние яровые; 2) предпосевная обработка под озимые культуры, или обработка парового поля.

Из предыдущего изложения с совершенной очевидностью вытекает то огромное значение требований партии и правительства по отношению к осенней обработке почвы, которые, глубоко понатые стахановским движением колхозников, в самое непродолжительное время приведут к 100-процентной зяблевой обработке социалистических полей.

Этим определяется одинаковость первой весенней обработки всех полей, подвергавшихся зяблевой обработке. Ранней весной почвы всех полей находятся в состоянии первого количественного максимума влажности, определяемого перегонкой водяного пара из незамерзших горизонтов почвы и сгущением его в верхних замерзших слоях почвы.

Ранневесенняя обработка зяблевых полей. В полях, подвергавшихся зяблевой обработке, этот первый максимум влажности достигает своего высшего выражения, так как, кроме зимнего запаса воды, сосредоточенного исключительно в волосных промежутках почвы и ее комков, ранней весной все количество снеговой воды заполняет и неволосные промежутки. Поэтому весенний максимум воды в почве, не подвергавшейся зяблевой обработке, равен 100% *волосной* (капиллярной) влагоемкости. В почвах же, подвергавшихся зяблевой обработке, этот запас равен 100% *полной* влагоемкости почвы, т. е. в среднем на 30—35% больше.

По общему правилу *всякая почва теряет испарением тем большее абсолютное количество воды в единицу времени, чем больше воды она содержит.* Это правило очень ярко иллюстрируется в опыте Эзера.

Влажность почвы в процентах полной ее влагоемкости		100	80	60	40	20
Поверхность в 100 кв. см испарила воды (в г) в течение 9 дней	Почва А	1 459	1 174	879	591	298
	» Б	1 651	1 341	999	669	330

Изолирующий слой (mulch, мульч). Поэтому на всех полях, вспаханных на зябь, первая обработка ранней весной состоит в создании условий уменьшения испарения *абсолютного количества воды.* Эти условия достигаются путем создания так называемого *изолирующего слоя (mulch)* на поверхности почвы, состоящего из рыхлого *комковатого* слоя почвы. Два первых слоя комков этого изолирующего слоя непосредственно соприкасаются с воздухом, быстро высыхают, и так как волосное сообщение их с основной массой почвы прервано, они защищают от испарения всю остальную массу почвы. Насколько сильно влияет изолирующий слой, иллюстрируется нижеприведенными данными того же Эзера, обозначающими количество воды, испаренной поверхностью почвы в 4 000 кв. см в течение 10 дней при различной толщине слоя рыхлой почвы, создающей изолирующий слой.

Глубина изолирующего слоя (в см)	0	0,5	2,5	4,5	8,5
Испарилось воды (в г). Почва А . . .	2 097	720	527	368	253
» » » » Б . . .	2 925	1 922	1 270	736	477

Волочение или обработка волокушей. Это *создание изолирующего слоя достигается исключительно применением волокуши или иногда звездочки, но никак не бороны, тем более легкой.* Бороньба, как было уже выяснено раньше, неизбежно связана со значительным распылением почвы, и после ее применения изолирующий слой, представляющий смесь комков и распыленной почвы, после первого же дождя превращается в бесструктурную массу, так как все неволосные промежутки между комками заполняются распыленной почвой. Испарение воды из бесструктурного слоя происходит чрезвычайно энергично.

Волокуша, устройство которой было описано выше, применяется лучше всего в копии запряжке, и так как эта работа представляется очень срочной, ударной, то на производство весеннего волочения зяби должен быть мобилизован весь паличный конский состав. Обработка тракторная не так удобна вследствие легкости этой работы, так что, для того чтобы загрузить полностью трактор СТЗ, потребовалось бы такое большое число волокуш, которое придало бы всему агре-

гату высшую степень неповоротливости. Для совхозов, не располагающих достаточным конским поголовьем, можно рекомендовать производить волочение ~~или~~ средством трактора возможно малой мощности, чтобы избежать большой громоздкости прицепного агрегата при полной нагрузке трактора.

Как правило без исключения, волочение производится *вкось* (не вдоль и не поперек) направления плужных борозд. При такой работе снятая волокушей почва с гребня засыпает ближайшую борозду. Этим определяются и крайняя легкость волочения, и наименьшее распыление почвы как результат очень незначительного передвижения ее.

Применение гвоздевки. В случае не совсем еще окультуренных почв, не достигших еще максимальной прочности, или на полях, наиболее удаленных в севообороте от травяного поля, на которых почва уже в значительной мере утратила свою прочность, применяется гвоздевка. Принципиальное отличие гвоздевки от бороны заключается в том, что у гвоздевки имеется только один ряд зубьев и, следовательно, совершенно устранен наиболее вредный элемент работы бороны, работа последующих (второго, третьего и т. д.) рядов ее зубьев.

Работа гвоздевкой производится по той же схеме, что и волокушей. Раннее весеннее волочение применяется на всей площади зяблевой вспашки независимо от того, каково ее дальнейшее назначение.

Применять обработку волокушей или гвоздевкой можно только в том случае, если зяблевая вспашка произведена плугом с предплужником. В случае если зяблевая вспашка исполнена простым плугом, т. е. без предплужника, нужна тяжелая борона, а волокуша и гвоздевка бесполезны.

Общие принципы весенней предпосевной обработки. Следует твердо запомнить то положение, что можно говорить о системе предпосевной обработки только в том случае, когда была исполнена система зяблевой обработки. Эти две системы неразрывны в своем сочетании, и в случае отсутствия системы зяблевой обработки всякая предпосевная обработка неминуемо будет обладать свойством стихийности. В этом случае задача зяблевой обработки, т. е. рыхления всего пахотного горизонта, переносится на весну. И какая бы ни была применена весенняя предпосевная обработка, она будет связана с неизбежной утратой запаса воды в почве и также неизбежно с рыхлением почвы больше чем на глубину прикрытия семян. Если соблюдать правило не рыхлить весной почву больше чем на глубину прикрытия семян, пришлось бы рекомендовать примитивный посев наволоком, который всегда резко снижает урожайность.

Отсюда совершенно ясна первая задача системы предпосевной обработки, и она должна удовлетворять основному требованию прорастающих культурных растений, *семя которых должно лежать на осевшей почве, не способной к дальнейшему оседанию.* Оседание почвы после прорастания семян неразрывно связано с обрывом корней, их смиранием и поранением их усвояющей поверхности. Поэтому, как показывает опыт Западной Европы, *весенняя предпосевная вспашка, произведенная глубже работы сошников селетки или работы запашника, влечет за собой уменьшение урожая. Особенно чувствительны к этому моменту сахарная свекла, вообще все корнеплоды и озимые хлеба.*

Второй момент, который должен быть принят во внимание при предпосевной обработке, тот, что прорастающее семя требует возможно прочной опираемой как для воздуха, так и для проростка покрывки в форме слоя прочной комковатой почвы.

Третий момент, который одновременно должен быть соблюден с большой настойчивостью, тот, что верхний слой почвы должен быть в возможной степени очищен от способных прорасти органов сорняков. Это совершенно очевидно по отношению к корневищевым сорнякам и не менее очевидно по отношению к сорнякам, прорастающим из семян. Выселенные семена ранних яровых должны пролежать в почве не меньше 4—5 дней, чтобы набухнуть перед началом образования проростка. В случае поздних яровых культур этот срок растягивается от 7 до 14 дней по причине меньшей разницы температур нижних и верхних слоев почвы и, следовательно, менее энергичного сгущения перегоняющихся из нижних

горизонтов паров воды вокруг высеванных семян в форме капельно-жидкой воды.

В то же время, пока длится неизбежный период набухания семян культурных растений, семена сорняков, пролежавшие в почве всю зиму, находятся в состоянии набухшем. Они яровизируются и начинают прорастать тотчас после волоочения, когда к ним будет обеспечен доступ воздуха. Понятно, что семена сорняков, имеющих в своем распоряжении лишние 5—15 дней, при всяких условиях перегонят всходы культурных растений и или заглушат их, как это неизбежно при поздних яровых, или снизят урожай ранних яровых.

Поэтому третья задача предпосевной обработки состоит в возможно полной очистке взрыхленного ею слоя от семян сорняков.

Совершенно очевидно, что борьба с корневищевыми сорняками в это время осуществима только с полным уничтожением условий, благоприятствующих прорастанию семян культурных растений.

Из всего вышеизложенного совершенно ясно вытекает самый характер правильной системы предпосевной обработки при неременной предпосылке — при произведенной зяблевой обработке.

Орудие предпосевной обработки. Все вышеприведенные требования к предпосевной обработке осуществимы только путем обработки экстирпатором, или, как его неправильно называют, культиватором. При этом очень важна самая конструкция рабочего органа экстирпатора, лапы. В большинстве распространенных экстирпаторов лапы их, представляющие двойную наклонную (крышеобразную) поверхность, прикрепляются к раме экстирпатора посредством чугунной или железной толстой стойки. У некоторых конструкций передняя часть стойки ножеобразно заострена. Как было выяснено выше, такая лапа будет работать наподобие зуба бороны, т. е. разотрет в пыль комки почвы на двойную ширину самой стойки и на всю длину хода экстирпатора. Поэтому у правильно сконструированного экстирпатора стойка должна представлять полосу стали не больше 2—3 мм толщиной и шириной, определяемой качеством стали, во всяком случае не меньше 10 см. Стойка прикрепляется к раме своей широкой стороной по ходу движения экстирпатора, и переднее ребро затачивается, как нож. Лапа прикрепляется к стойке болтами с потайными головками.

Лапы экстирпатора подрезывают проростки сорняков. Эта операция в случае очень раннего посева производится непосредственно перед посевом. В случае несколько более поздних посевов операция эта производится при появлении дружных всходов сорняков и второй раз — перед самым посевом. *Но во всех случаях она производится на глубину, не превышающую глубины последующей установки сошников сеялки.*

Система предпосевной обработки перед поздними яровыми отличается от только что описанной лишь тем, что применение экстирпатора по мере позеленения поля, определяемое недружностью всходов сорняков, может быть повторено всего до трех раз при соблюдении того же обязательного правила — не превышать предпосевной обработкой глубины, на которую будут положены семена.

Получаемая даже только при двухкратном применении экстирпатора крупность зерен комковатой структуры достаточна даже для посева наиболее мелких культурных семян (мак). Стремление получить очень мелкую структуру для посева мелкосемянных культур имеет значение только при отсутствии зяблевой обработки, когда приходится производить весновспашку.

Весновспашка, произведенная мелко, дает глыбистую структуру, произведенная на полную глубину — образует довольно крупнокомковатую структуру. При посеве на поле с такой структурой мелких семян большая часть их может стекать (сбегать) по широкому некапиллярным промежуткам на такую глубину, с которой они уже не дадут проростков. Поэтому в этих случаях принято многократным боронованием придавать поверхностному слою почвы мелкую структуру, при которой неизбежно образование массы пыли. В этом случае даже небольшой дождь образует корку, которую приходится разрушать или применением рубчатого катка, или боронованием.

При работе экстирпатора образование корки возможно только при очень сильных ливнях, и в этом случае тоже неизбежно приходится применять рубчатый каток или борону как орудия ухода за растениями.

Операция ломки посевов вынуждается исключительно отсутствием системы зяблевой обработки.

Система предпосевной обработки при условии выполнения системы зяблевой обработки никогда не производится ни дисковыми культиваторами, ни зубowymi боронами.

Общие задачи обработки парового поля. Задача предпосевной обработки перед озимыми ничем принципиально не отличается от предпосевной обработки под яровые хлеба. Предпосевная обработка под озимые носит название обработки парового поля, или паровой обработки.

Очень часто в число задач паровой обработки включают как наиболее важную задачу накопление воды в почве. Это имело значение только в том случае, когда отсутствовала система зяблевой обработки и когда пары разделялись на черные пары, чистые пары, ранние пары и поздние пары. С тех пор как зяблевая обработка стала по закону обязательной, совершенно очевидно, что все ранние, поздние и всякие майские, июньские пары представляют уже анахронизм и скоро окончательно отойдут в прошлое. Паровое поле должно получить основную обработку по той же системе зяблевой обработки, что и поле под яровые культуры. Если паровое поле не имело основной зяблевой обработки, тогда оно не в состоянии использовать первый весенний максимум влаги, совершенно не будучи в состоянии удержать хотя часть влаги этого максимума. В этом случае первой задачей обработки парового поля, действительно, становится возможное накопление воды, но выполнение этой задачи нацело зависит от частоты весенних и летних дождей, т. е. явлений стихийных. И урожайность на таком поле независимо от дальнейшей обработки почвы будет носить стихийный характер.

В этом отношении обращает на себя особое внимание преступное отношение к севооборотам в южных областях европейской части СССР, преимущественно в Крымской АССР. Там настаивают на введении в травопольных севооборотах колхозов и совхозов двух полей черного пара, за каждым из которых следует подряд две озимые пшеницы. Защитники подобных «проектов» ссылаются на то, что у нас нет подходящего по урожайности сорта яровой пшеницы. Правильнее же формулировать последнее положение надо так: «они не искали такого сорта». Если исполнить настоящие крымских колхозов и совхозов, одна озимая пшеница пойдет по удобренному черному пару, а два вторых поля озимой пшеницы нужно признать следующими по позднему крестьянскому пару. Такой севооборот очень скоро окажется противозаконным, т. е. преступным. Кроме того, такой севооборот не в состоянии увеличить урожай выше его современного состояния. Он стигнен.

Главная задача черного пара. Главная задача пара — очистка почвы от засоряющих ее семян сорняков. И в число задач паровой обработки включается и подготовка почвы к посеву озимых.

Вследствие того, что при паровой обработке мы задаемся целью проводить систематическую борьбу с засоренностью поля, что достигается путем многократной вспашки, в число задач паровой обработки входит и возможное использование летних дождей, так как многократные вспашки неизбежно связаны со значительным испарением воды. Раньше, когда предполагалось еще, что можно накопить перегной и создать прочную структуру почвы посредством навоза, в паровое поле вносился полуперепревший или солоmistый навоз. В связи с этим в число задач пара входило также и создание прочности структуры внесением навоза. При травопольной системе земледелия выполнение этой задачи возлагается преимущественно на поле многолетних трав.

Не отрицая некоторого влияния навоза на увеличение в почве количества перегноя, нужно признать, что главной задачей навоза представляется внесение в почву элементов пищи растений. С этой точки зрения удобрение парового поля с осени должно быть признано необходимым, как будет выяс-

нено в дальнейшем, лишь на части занятого пара. Удобрение же черного пара с осени, довольно часто практикуемое в приморских областях Западной Европы, в континентальных условиях климата СССР может быть необходимым лишь в немногих случаях. Как общее же правило для СССР, осеннее удобрение черного пара неприемлемо. Выше было выяснено большое значение лущения жнивья в смысле удлинения сроков зяблевой вспашки. Этот момент в смысле организации труда и использования тракторного и машинного парка имеет такое важное значение, что пожертвовать им было бы крайне нецелесообразно. Вследствие этого и вывозка навоза должна была бы быть, в случае ее осеннего выполнения, растянута на срок до трех месяцев. Таким образом при раннем осеннем внесении навоза в черный пар неизбежны были бы случаи далеко зашедшего разложения навоза этой же осенью.

Если в условиях континентального климата не происходит вымывания образовавшихся легко растворимых соединений пищи растений до грунтовых вод, как это констатировано для морского климата Англии, Северной Франции, Бельгии и др., то во всяком случае следует опасаться двух процессов. Возможно выщелачивание легко растворимых соединений элементов пищи растений в пониженные элементы рельефа, часто на другое поле, или неравномерное распределение их по площади парового поля. Последнее вызовет чрезвычайно неудобную с организационной стороны неодновременность созревания озимых на поле и резкие различия в величине урожая.

Кроме того, в таких случаях раннего внесения навоза, наверное, выявится так называемое биологическое поглощение элементов пищи растений. Легко растворимые в воде элементы пищи, нитраты, фосфаты и пр., будут использованы не озимыми хлебами, а микронаселением почвы и переведены в состояние органического вещества. Это будет иметь своим последствием слабое действие навоза как удобрения на озими и очень растянутый срок так называемого последствия навоза. Этим моментом нельзя пренебрегать, принимая в соображение огромное число микроорганизмов, населяющих почву, которые, как было выяснено выше, насчитываются тысячами биллионов особей.

На основании всего изложенного выше нужно признать, что навоз в черный пар вносится летом. Этот момент находится в полном согласии с господствующим в СССР способом летнего пастбищного содержания скота, прием, который не обещает быть в очень скором времени заменен стойловым содержанием ввиду огромного влияния пастбищного содержания на продуктивность всех видов сельскохозяйственных животных. При пастбищном содержании скота главная масса навоза накапливается в хозяйстве в течение стойлового периода содержания, и к моменту вывозки навоза осенью количества его не всегда хватает даже на необходимое удобрение части занятого пара.

Система зяблевой обработки парового поля поэтому ничем не отличается от зяблевой обработки всякого другого поля. Очевидно, что то же касается и ранней весенней обработки паровых полей. Обработка, типичная для парового поля, начинается только после весеннего волочения поля.

Семена сорняков после облегчения доступа к ним воздуха весенним волочением прорастают чрезвычайно быстро. Принцип борьбы с засоренностью почвы в пару состоит в том, что семена сорняков помещают в возможно лучшие условия прорастания и, после того как они прорастут из верхнего слоя, их подвергают непосредственному уничтожению обработкой. При этом той же обработкой ставят новые порции семян из более глубоких слоев в условия, благоприятствующие их прорастанию.

Этот прием повторяется систематически.

Определение времени лущения пара. Важным моментом, от которого в значительной мере зависит успех всей систематической борьбы с засоренностью почвы, представляется определение времени производства обработки, имеющей задачей уничтожение появившейся на пару сорной растительности или так называемое лущение пара. Обыкновенно при определении этого срока, с одной стороны, нежелательно слишком рано производить эту обработку, чтобы эффект ее не оказался

слабым, с другой стороны, нежелательно, чтобы при отдалении срока обработки сорняки *позеленевшего черного пара* бесполезно *растрачивали сохраненную воду*.

При определении времени обработки нужно исходить из ее цели. Мы задались целью уничтожения по возможности всех сорняков. Следовательно, время обработки наступит, когда прорастут все сорняки того слоя почвы, из которого они могут прорасти. Но так как сорняки отличаются недружностью прорастания и лежат на самых разнообразных глубинах, то появление новых всходов не оканчивается. Наблюдая за позеленением черного пара, мы заметим на пятый или шестой день после волочения массовое появление всходов, и начиная с этого времени количество новых всходов быстро падает, пока не сделается незначительным и почти равномерным. Этот момент наступления *равномерности* появления *небольшого* числа новых всходов и следует принимать за срок производства обработки.

Самоочищение черного пара. На темноокрашенных почвах, черноземных и торфяных, наблюдается иногда процесс так называемого самоочищения черного пара.

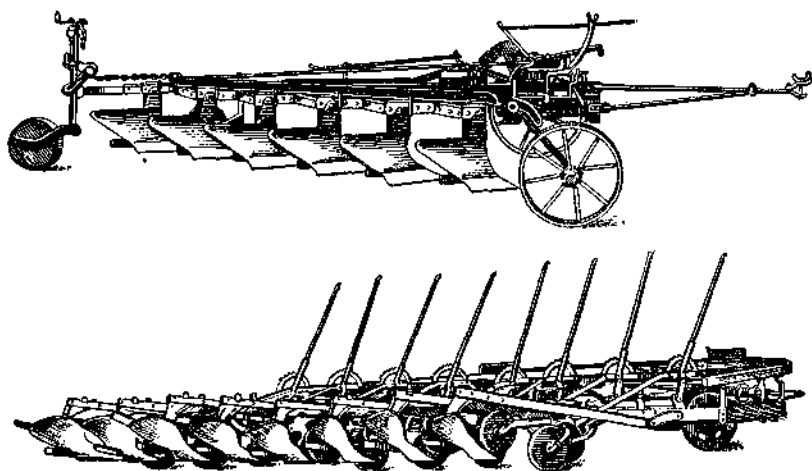


Рис. 191. Многокорпусные тракторные плуги для лущения паровых полей, но не живых.

Оно выражается в том, что пар после весенней обработки не зеленеет, остается черным. Если прийти на такой пар ранним весенним *росистым* утром, незадолго до восхода солнца, то внимательный осмотр поверхности почвы обнаружит большое количество только что появившихся всходов. Но уже часа через 2—3 после восхода солнца молодые всходы исчезают. Они под влиянием концентрированных каплями росы лучей солнца обжигаются, становятся прозрачными, падают и быстро засыхают, так как температура самого поверхностного слоя почвы в это время достигает 40—60°. Максимальная температура, которую мне пришлось наблюдать вместе с П. А. Костычевым на черной аллювиальной почве долины Чороха в Закавказье, равнялась 72°.

При такой температуре прорастания сорняков днем не происходит, и проростки, появившиеся ночью, быстро погибают вскоре после восхода солнца.

Поэтому на черном пару наблюдение за растительностью следует производить на восходе солнца и не с лошади или автомобиля, а встав на колени. Узнать молодые только что появившиеся всходы очень легко. Они имеют вид или зеленого шильда или вилочки.

Орудие лущения черного пара. Следующий вопрос — выбор орудия обработки. При решении этого вопроса не следует забывать, что задачу черного пара составляет *систематическая*, т. е. послойная, борьба с засоренностью почвы. Поэтому в задачу этой обработки входит не только уничтожение появившихся всходов сорняков, но и *постановка в условия успешного прорастания семян следующего*

слоя, в котором семена не могли прорасти вследствие недостатка кислорода, задержанного аэробными процессами верхнего слоя.

Этим решаются сразу два вопроса. Очевидно, что орудие для уничтожения сорняков на черном паре должно быть *отвальным, это многокорпусный лущильник* (рис. 191). Для этой цели пригодны также многокорпусные бункеры. Всякие соображения о большей производительности бороны и о лучшем сохранении влажности при экстирпаторной обработке *не имеют никакого производственного значения, кроме вредного. Эти орудия уничтожают возможность достижения главной цели черного пара.* Тем меньшее значение имеет соображение, что обработка бороной выгоднее, так как после нее пар не зарастает сорняками. Это соображение, часто высказываемое, только подтверждает полную непригодность бороны для этой цели. Обработка, о которой идет речь, производится и в случае самоочищения пара.

Вопрос о глубине рассматриваемой обработки не может быть решен в общей форме, так как глубина определяется границей проникновения в почву достаточного для прорастания семян количества кислорода. Эта граница находится в зависимости от механического состава, распыленности почвы и содержания в ней органического вещества. *Чем почва мелкозернистее или мелкоземистее и чем больше она содержит органического вещества, тем меньше должна быть глубина обработки.*

Обыкновенно глубина этой первой обработки пара, лущения его, колеблется около 7—8 см.

После первого лущения паровое поле вновь начинает зеленеть, и его опять необходимо подвергнуть обработке. Дальнейшая обработка может представиться в двух вариантах, которые будут зависеть от того, удобряется или не удобряется черный пар.

Момент необходимости уничтожения сорняков, покрывших черный пар после первого летнего его лущения, совпадает с *моментом двойки пара*, если паровое поле не удобряется, или с *моментом вывозки и заправки навоза*.

В каком состоянии разложения вносить навоз в черный пар. Навоз в паровое поле может вноситься или в состоянии полуперепревшего навоза, или в состоянии вполне перепревшего. До сих пор всеобщее распространено внесение полуперепревшего или даже солоmistого навоза. Этот обычай представляет пережиток того времени, когда предполагали, что одна из главных целей навозного удобрения — обогащение почвы деятельным перегноем. В настоящее время можно считать доказанным, что хотя навоз и может быть источником накопления в почве перегноя, но эту задачу навозного удобрения никак нельзя считать главной. Поэтому следует стремиться вносить в почву как можно меньше неперепревшего органического вещества, которое преимущественно состоит из клетчатки и древесины.

Внесение в почву неразложившейся клетчатки безразлично в форме полуперепревшего, солоmistого навоза, сырой каныги, кострики, опилок и тому подобных отбросов вызывает в почве усиленную деятельность бактерий, разрушающих клетчатку и древесину. При этом процессе разрушения древесины в почве происходят два сопутствующих процесса, носящих общее название денитрификации.

Бактерии, вызывающие этот процесс, понятно, нуждаются в азотной пище, содержание которой в клетчатке и древесине далеко недостаточно. Поэтому бактерии, разрушающие клетчатку, используют в качестве азотной пищи уже имеющиеся в почве нитраты. Часть бактерий, вызывающих процесс денитрификации, переводят содержащиеся в почве нитраты в органическое вещество своего тела, которое становится усвояемым зелеными растениями только после разрушения тел отмирающих бактерий. Этим в известной степени определяется так называемое последствие навоза.

Другая часть бактерий и почвенных низших грибов и актиномицет при использовании нитратов разрушает большую часть их с выделением свободного молекулярного азота и, следовательно, окончательно лишает почву

содержащихся в ней нитратов. Поэтому количество нитратов, накапливаемых в черном пару, удобренном неперепревшим навозом, представляет, собственно, результат новой деятельности нитрифицирующих бактерий, причем все количество бывших в почве до внесения навоза нитратов частью разрушается полностью, частью отлагается в форме мертвого запаса, который снова переводится в усвояемую форму только при разложении тел отмирающих бактерий. Один этот момент уже служит достаточным основанием для того, чтобы сельскохозяйственное производство оставило применение полуперепревшего и тем более солоmistого навоза.

Пестротполье. Сказанное подтверждается в еще большей степени необходимостью применения большого количества непронзводительного труда при запашке не вполне перепревшего навоза. Консистенция неперепревшего навоза не позволяет равномерно перемешать его с почвою. И какие бы меры для равномерного распределения навоза по массе почвы мы ни принимали, он всегда распределяется в форме обособленной и несплошной прослойки. Вместе с тем равномерность распределения навоза как сильного удобрения, содержащего все элементы пищи растений с преобладанием, однако, азота, который освобождается в усвояемой форме раньше других, имеет очень большое производственное значение. Неравномерное распределение пищи вызывает неминуемую так называемую *пестроту поля*. Явление пестроты поля считается одним из самых вредных в растениеводстве. Оно определяет неравномерность созревания растений, получивших избыточное азотное питание и потому отстающих в своем созревании в среднем на 1—2 пятидневки, что вызывает огромные потери при уборке. Если ориентировать уборку по степени зрелости более роскошно развитых растений, получивших избыточное азотное питание, то к этому времени менее развитые растения, получившие меньшее количество пищи и более рано созревшие, потеряют зерно в результате осыпания. Ущерб будет при этом количественно очень большой.

Если, наоборот, ориентировать уборку по степени зрелости хуже питавшихся и ранее созревших растений, то семена лучших растений будут собраны еще не достигшими уборочной спелости. Мало того, что они испортят своим сморщенным и шуплым состоянием весь урожай, они при ссыпке убранного зерна испортят всю партию зерна, вызвав влажность выше нормы, и если зерно не будет искусственно просушено, то вся партия зерна в значительной степени утратит всхожесть и приобретет затхлый запах или даже заплесневет. Кроме того, слабое развитие части растений на поле вызовет, конечно, и недобор урожая.

Двоение удобренного черного пара. Вследствие сказанного удобрение пара даже полуперепревшим навозом, не говоря о солоmistом, требует непременно двояния, которое производится на полную глубину пахотного горизонта, желательно даже с захватом 1—2 см подпахотного горизонта.

Орудие запашки навоза и двойки. Двоение, равно как и запашка навоза, осуществляется рухадловыми плугами без предплужников вследствие необходимости перемешивания навоза равномерно по всему пахотному слою.

Из предыдущего изложения вытекает, что двоение пара вызывается главным образом несовершенством равномерного перемешивания почвы с полуперепревшим навозом и тем более с солоmistым. Ввиду этого были попытки применить для запашки навоза фрезерные машины, предназначавшиеся для других целей, о которых речь дальше. Эффект фрезерования почвы парового поля при внесении навоза был двойкий. Перемешивание навоза в почве достигалось очень совершенное вследствие того, что навоз измельчался и поддерживал всю массу вспушенной почвы в рыхлом состоянии. В таких условиях уже через две недели после производства фрезерования навоз в почве разлагался аэробным путем на 100%, не оставляя даже следов органического вещества; количество нитратов достигало максимального содержания. Но вслед за этим вспушенная и размельченная до состояния пыли почва оседала, образуя сплошную бесструктурную массу. И в создавшейся анаэробной обстановке все количество накопленных нитратов утрачивалось путем денитрификации. Поэтому применение фрезерной машины для обработки парового поля безусловно неприменимо. Это не значит, конечно,

что фрезерная обработка вообще не годится. Как будет изложено ниже, фрезирование почвы при культуре болот и подьеме бросовых земель, а также и лесосек, представляет незаменимую операцию.

Возможность избегания лишней обработки почвы без ущерба для заделываемого пара достигается внесением вполне перепревшего навоза. Под вполне перепревшим навозом разумеется такое его состояние, когда в массе навоза совершенно нельзя отличить соломы и экскрементов и навоз представляет сплошную землистую комковатую массу черного или темнокоричневого цвета. Навоз в таком состоянии в овощеводстве закрытого грунта носит название парниковой земли, или «перегноя».

Равномерная рассыпчатая землистая масса такого навоза прежде всего на 100% доступна механизации нагрузки на обыкновенные автомашины и при помощи специальных распределителей, прицепляемых как к автомашине, так и



Рис. 192. Неравномерное распределение навоза по пахотному слою при первой заправке (по Аербаэ).

к простой конной повозке, в совершенстве подвергается равномерному распределению по поверхности парового поля, не требуя предварительного лешения поля, распределения навоза в небольших кучах, кроме того полностью избегается тяжелый ручной труд по раструске и загребанию навоза. Густота распределения навоза доступна регулировке в очень широких размерах.

После этой операции распределенный по поверхности поля навоз запахивается. При этом уже не требуется немедленной заправки навоза, как в случае применения полуперепревшего или солоmistого навоза, так как аммоний в этом навозе содержится или в форме солей, или главным образом в форме поглощенного органическим веществом и не улетучивается. В смысле организационном этим моментом пренебрегать нельзя.

Заправка перепревшего навоза осуществляется рухадловым плугом без предплужника на глубину 20 см. При этом в каждую ротацию изменяют глубину на 1—2 см вверх и вниз. В том случае, если пахотный горизонт остается мелким, то до момента достижения нормальной глубины в 20 см при каждой ротации производится углубление заправки на 1—2 см. При применении перепревшего навоза операция двояния совершенно отпадает, что составляет очень значительное сокращение расхода сил и средств на обработку, не говоря уже о том,

что при этом совершенно избегаются непроизводительные потери запасов почвенной воды, неизбежные при вспашке.

Лушение после заправки навоза. Во всех случаях заправки навоза, а также при двоении парового поля, удобренного соломистым или полуперепревшим навозом, на поверхность поля выносятся слои почвы, еще не очищенные от семян сорняков. Поэтому всегда в этом случае поле начинает зеленеть, и удобренные сорняки под влиянием хорошего азотного удобрения начинают быстро расти. Очень распространено ошибочное мнение, что главная причина быстрого развития сорняков после заправки навоза представляет результат того, что сохранившиеся в навозе семена сорняков служат источником засорения поля. Не будем отрицать этой возможности при удобрении поля полуперепревшим или соломистым навозом, особенно в случае отсутствия мер предосторожности при кормлении скота низшими сортами зерна и луговым или полевым сеном поздних сроков укоса, в трухе которого содержится много спелых семян сорняков. Но вместе с тем в этом нельзя видеть причины быстрого и сильного развития сорняков, так как оно происходит при внесении и вполне перепревшего навоза, в котором большинство семян сорняков утратили свою всхожесть. Приходится сделать заключение, что причина такого развития сорняков — обильное содержание в почве элементов пищи растений. Как бы то ни было, после внесения навоза паровое поле быстро покрывается сорной растительностью, и для избежания непроизводительного расходования воды сорняками необходимо вновь произвести лушение (второе) парового поля на тех же основаниях, как и первое весеннее лушение, т. е. отвальным лушильником на глубину 8—10 см, и в тот момент, когда прекращается массовое появление всходов новых сорняков.

Если после второго лушения под влиянием ливневого дождя поверхность парового поля окажется сильно уплотненной, но еще не наступило время для следующего лушения, в этом случае для уничтожения корки применяется обработка экстирпатором, но не бороной.

Легенда о ненужности навозного удобрения на черноземах Западной Сибири и европейской части СССР. До сих пор еще на черноземах пользуется широким распространением неудобренный пар. Неудобренный пар на черноземных почвах поддерживается рядом чисто механистических доводов. Один из самых распространенных доводов связывается с тем, что на западе черноземной полосы навозное удобрение оказывает положительное влияние, которое затухает по мере перехода к восточным областям черноземных почв, и вместе с этим сходит на-нет и применение навозного удобрения. На юге и юго-востоке СССР навоз оказывает якобы даже отрицательное влияние. Широко распространено мнение, что на юго-востоке СССР урожай зависит только от наличия воды в почве, что здесь почвы содержат достаточное количество элементов пищи растений и что поэтому они вообще не нуждаются в удобрениях, в том числе и в навозном.

Указанные рассуждения очень часто склонны механистически связывать с возрастом сельскохозяйственной культуры в черноземных областях. Ссылаются на то, что на западе, где земледельческая культура очень древняя, чернозем уже не содержит органических остатков, которые так характерны для целинных черноземов и черноземных перелогов восточных областей. Навоз и заменяет недостаток органических остатков в почвах. Чем дальше на юг и юго-восток, тем более молодые по возрасту земледельческой культуры области, и тем чаще встречается переложная и залежная система земледелия. И тем больше в черноземах якобы сохранилось органических остатков, которые своим разложением освобождают элементы пищи растений, вносимые обычно с навозом. Поэтому на засушливом юго-востоке азот как пища растений может быть в таком изобилии, что может приносить вред.

Такое объяснение, механистически связывающее причинной зависимостью ряд совместно протекающих процессов, конечно, не может ни в какой мере быть принято. Что касается влияния возраста сельскохозяйственной культуры на сохранность растительных остатков в обрабатываемых почвах, то в достаточной степени выяснено, что даже при правильном использовании целинных и залежных

черноземов растительные остатки их совершенно исчезают в пятилетний промежуток времени. И, очевидно, сопоставление влияния навоза с возрастом сельскохозяйственной культуры не может иметь никакого значения, так как разница в этих возрастах измеряется десятилетиями, если не столетиями. Следовательно, мы имеем дело с двумя рядами чисел разных порядков, и выводы из их сопоставления не имеют никакой цены.

Сказанное находит категорическое подтверждение в том факте, что в бывших помещичьих хозяйствах даже на крайнем юго-востоке (в бб. Самарской и Саратовской губерниях), в которых велось более или менее правильное хозяйство, навоз оказывал резко выраженное положительное действие. В то же время в тех же районах в примитивных крестьянских хозяйствах навоз или не оказывал никакого действия, или даже приносил вред: унавоженные хлеба полегали или выгорали. И в тех же районах в крупных бывших помещичьих хозяйствах платили крестьянам за перевозку на помещичьи поля навоза, выброшенного крестьянами в овраги.

Причины такого различного влияния навоза на бывших крестьянских и бывших помещичьих полях сводятся к следующему. Местами мы встречаемся с резко выраженным недостатком скота. Местами весь навоз, получаемый в хозяйствах, переделывается (кизяк) или употребляется прямо на топливо вследствие полного отсутствия в этих районах древесного или минерального топлива. Но чаще всего причиной такого отношения к навозу было полное отсутствие какой бы то ни было системы агротехнических мероприятий, что обуславливало распыленность почв, их малую культурность. В этой бесструктурности распыленных почв заключалась причина отсутствия действия навоза или даже вредного его действия. Такие почвы при всяких условиях страдают недостатком воды, что и определяет отсутствие или отрицательное влияние любых удобрений. В таких почвах создавался относительный избыток элементов пищи при свойственных им условиях накопления воды. Но признание этого относительного избытка элементов пищи за абсолютный их избыток — грубейшая ошибка.

В особенно резкой форме это выражается при культуре солонцеватых почв. На них применение навоза при обычной культуре считается совсем неприемлемым и вредным. Между тем при правильной системе земледелия на солонцах и солонцеватых почвах обильное навозное их удобрение представляет лучшее средство повышения условий их плодородия и урожайности культур.

Задачи безнавозного (пресного) черного пара. В случае отсутствия навозного удобрения парового поля задачи его сводятся к борьбе с сорной растительностью и к накоплению воды. Эти задачи выполняются неудобренным паром антагонистически. Совершенно понятно, что глубокая обработка летом, к которой неизбежно приведет систематичность борьбы с сорной растительностью путем постепенного углубления выворачиваемого слоя, обусловит полную потерю запаса воды. Несомненно и то, что глубокая обработка удобренных паров тоже до известной степени связана с потерями воды. Но при удобренных парах наносимый вред компенсируется положительным влиянием удобрения. В результате сумма этих влияний всегда складывается в пользу удобренного пара. Между тем глубокая обработка неудобренного пара, как это я наблюдал даже в б. Орловской губернии, всегда снижает урожай на 50%. Это было доказано и десятилетним опытом И. И. Шатилова. Поэтому и борьба с сорняками практически на неудобренных парах никогда не применяется систематически. И в сущности, задача неудобренного пара сводится к очистке от сорняков только поверхностного слоя почвы, в который будут положены семена озимых.

Обыкновенно принятая обработка неудобренного пара состоит в весеннем бороновании, которое имеет своей целью сохранение влаги в последующем затем лущении на 7—8 см и дальнейших культивациях лаповыми орудиями вплоть до посева озими.

Последний срок глубокой летней обработки черного пара. Время глубокой летней обработки черного пара — один из наиболее важных моментов обработки его, от него зависят успешность перезимовки озими, равно как и успешность

кушения озими. Это в равной мере касается как двоения пара, удобренного перепревшим навозом, так и заделки вполне перепревшего навоза. Предельный срок производства этой глубокой обработки различен для различных районов СССР, что находится в прямой зависимости от возможной частоты выпадения дождей. Значение этого срока состоит в том, чтобы к моменту посева озимых хлебов почва, на которой будет лежать семя и которая будет пронизана корнями будущего озимого растения, не подвергалась дальнейшей осадке. Осадка почвы во время уже проросшего растения, как озимого, так и ярового, чрезвычайно отрицательно влияет на урожаи как озимых, так и яровых.

При осадке почвы, уже пронизанной корнями растений, корни могут частично обрываться, частично могут образовывать крутые изгибы, которые прекращают движение соков по сосудам растений. Особенно резко это сказывается на урожаях свеклы.

Понятно, что осадка почвы происходит не только под влиянием веса почвы, но и, главным образом, проникновения в комковатую почву гравитационной воды. При этом оседает преимущественно верхняя половина пахотного слоя. Растение, укрепившееся своими корнями в нижнем горизонте, не может следовать за осадкой верхнего слоя, и почва как бы соскальзывает с верхней части проростка, обнажая его узел кушения. Этот момент лишает узел кушения защиты верхнего слоя от колебаний температуры. Поэтому весной, когда снеговой покров в значительной степени стаял, а ночные заморозки бывают часты, озимые хлеба, особенно пшеница, легко вымерзают.

Оставшиеся невымерзшими озимые хлеба с обнаженным узлом кушения, равно как и яровые зерновые хлеба, у которых под влиянием весеннего оседания почвы обнажились узлы кушения, не кустятся. Получается изреженный посев, и понятно, значительно снижается урожай.

Насколько этот процесс широко распространен, видно из того, что последние годы приходилось неоднократно решать споры между практиками сельского хозяйства о том, кустятся ли яровые хлеба, или не кустятся. При этом большинство было того мнения, что яровые зерновые хлеба в отличие от озимых не кустятся.

Ввиду того, что оседание зависит главным образом от частоты выпадения дождей в районах с большей вероятностью частых дождей, главным образом в северной нечерноземной полосе европейской части СССР и в западных областях азиатской части СССР, установлено практикой, что глубокая обработка черного пара должна быть произведена не позже как за полторы декады перед посевом озимой ржи и не позже как за две декады перед посевом озимой пшеницы. Для северных районов черноземной области, где вероятность выпадения осенних дождей меньше, эти сроки удлиняются до двух декад для озимой ржи и двух с половиной декад для пшеницы. На юге черноземной полосы и юго-востоке, где вероятность частых осенних дождей еще меньшая, срок глубокой обработки перед посевом ржи доходит до 2—3 декад и для пшеницы — до 3—3½ декад. В южных и юго-восточных районах при засушливом лете от глубокой легкой обработки пара приходится воздерживаться, хотя от этого значение пара в борьбе с сорняками сильно уменьшается.

Предпосевная обработка черного пара. В этот промежуток времени между глубокой обработкой пара и посевом озимых может потребоваться обработка с целью или разрыхления поверхности почвы, уплотненной ливневым дождем, или вследствие зарастания парового поля сорняками, семена которых вывернуты глубокой обработкой. В этих случаях ни под каким предлогом нельзя применять оборачивающего орудия, все равно отвального или дискового. Обработка ограничивается исключительно применением лаповых экстирпаторов, причем безусловно не применимы ни пружинные бороны, ни штанговые культиваторы. До известной степени можно мириться с кустарными драпачами, крустен-брехерами и культиваторами, состоящими из длинной тонкой режущей пластины или проволоки, натянутых между двумя вертикальными режущими стойками.

Число этих культиваций должно сообразоваться со степенью засоренности и уплотнением почвы. Но во всяком случае за день или два до озимого посева необходимо произвести культивацию вышеуказанными орудиями на глубину, не превышающую глубины хода сошников сеялки при озимом посеве.

В случае если структура почвы окажется после этой операции слишком грубой, то для измельчения ее необходимо пустить наискось хода культиватора гвоздевку.

Черный пар под яровые хлеба. В восточных областях СССР (Восточная Сибирь, ДВК и Якутская АССР) распределение осадков определяется направлением зимнего и летнего муссона; зима бывает нередко бесснежная или с очень тонким снеговым покровом, и дожди выпадают в незначительной части в июне, июле и главным образом в августе и сентябре. В этих областях озимые хлеба еще не привились в достаточной степени, и широко распространен чистый пар под



Рис. 193. Состояние заливного луга на правом берегу Ангары (близ дер. Красный Яр, б. Иркутской губ.). Результат неурегулированной и неумеренной весенней и осенней пастбы.

яровые хлеба. Этот пар может быть или чистым, или черным. Они отличаются друг от друга только моментом осенней зяблевой вспашки. В черном пару производится зяблевая обработка, весной проводятся волочение, культивация, и затем не позже 20 мая вывозится навоз, который запахивается на 14—15 см.

После заправки навоза производят культивацию или две, и не позже второй половины июня — двойку пара на полную глубину. После этого опять следует культивация. Весной будущего года после волочения высеваются яровые хлеба.

При чистом паре, пользующемся наибольшим распространением, подъем пара вместе с заправкой навоза происходит не позже 20 мая, когда под влиянием начавшихся летних дождей почва становится мягкой. Заправку производят на 14—16 см, и затем следуют две культивации; не позже второй половины июня производят двоевание на 14—16 см. При такой комбинации обработок слой, увлажненный майскими и июньскими осадками, запахивается на глубину пахотного горизонта, и наружу вывертывается сухой слой, который жадно поглощает массу воды осадков, выпадающих в августе и сентябре. По мере зарастания пара сором

ведется культивация. Весной вновь повторяется культивация, и производят посев яровых.

Предварительные опыты во многих совхозах и опытных учреждениях в Восточной Сибири дают основание предполагать, что пресловутая невозможность культуры озимых представляет простой пережиток примитивного земледелия дореволюционных времен. Такое же мнение было в сильной степени распространено по отношению к культурным многолетним злакам и бобовым (тимофеевка, клевер, житняк, овсяница луговая, желтая люцерна, средняя люцерна) в этих областях. Но исследования и опыты последнего десятилетия показали, что все эти культурные травы превосходно развиваются не только в ДВК, но и в суровейших условиях Якутской АССР.

Поэтому можно предположить, судя по опытам последних лет, что и озимые рожь и пшеница могут превосходно зимовать в условиях Восточной Сибири при точном соблюдении глубины посева и сроков глубокой обработки черного пара.

Что касается Западной Сибири и засушливого юго-востока, то не подлежит никакому сомнению, что миф о невозможности культуры в этих областях озимых хлебов представляет простое порождение варварского хищнического земледелия, которому подвергались эти области во времена царизма.

Смена черного пара занятым. До тех пор пока наши социалистические поля не освобождены от своего главного врага — сорных растений, черный пар должен быть сохранен в неприкосновенности. Но через одну-две ротации поля уже будут настолько очищены от сорняков, что черный пар должен будет эволюционировать в так называемый занятый пар, подобно тому как это уже произошло в Западной Европе. Там господствует уже занятый пар, и черный пар вводится лишь спорадически в случаях катастрофического засорения полей. Опыты, производившиеся на всех опытных станциях, указывают на то, что урожай озимых после занятого пара несколько меньше, чем по черному пару, но если сравнить урожай не только озимых, но учесть урожай растений, занимающих паровое поле, то преимущество останется за занятым паром.

Тот момент, что в занятом пару высеваются преимущественно кормовые растения, имеет особенно большое значение в настоящее время, когда во всем СССР природные луга и пастбища, не только суходольные, но во многих случаях и заливные, находятся в состоянии сильного одичания. В этих условиях вопрос летнего кормления животных имеет чрезвычайно большое производственное значение.

Главная задача занятого пара — обеспечить животноводство в самый ранний весенний период полным стойловым кормлением, когда еще пастбища, как искусственные, так и природные, не могут дать кормовую массу без ущерба им как угодиям. Кроме того, летом занятой пар должен обеспечить ежедневную подкормку животных перед их выходом на пастбище и такую же ежедневную подкормку по возвращении с пастбища.

Четыре участка занятого пара. С этой целью ради получения зеленого корма в течение длинного периода времени и равномерного качества корма площадь занятого пара делится на четыре части. Из них две части удобряются с осени, и одна из них осенью же засеивается озимым растением (рожью). Вторая, удобренная с осени часть засеивается самой ранней весной, чтобы не прерывать кормления по истощении озимой культуры. Две остальные части удобряются весной или летом и поочередно засеиваются более поздними кормовыми смесями.

Размеры четырех указанных участков занятого пара зависят от конкретных условий каждого данного колхоза или совхоза и не могут быть обобщены.

В зависимости от сроков посева в занятом пару строится и система обработки отдельных его участков.

Вся площадь занятого пара обязательно подвергается *системе* зяблевой обработки. При этом два участка, предназначенные для посева озимых кормовых культур и для самого раннего ярового посева, удобряются с осени.

На эти участки сперва вывозится навоз. При этом, если глубина пахотного

горизонта достигает 20 см или превышает ее, навоз, если он полуперепревший, запахивается на глубину 12—15 см. После этого, когда навоз перепреет, производится основная зяблевая вспашка, глубина которой должна быть равной или больше 20 см.

В случае если сделать основную зяблевую вспашку до внесения навоза, то пришлось бы навоз вывозить по вспаханному полю. Однако лучше всего вносить с осени навоз вполне перепревший, который можно прямо запахивать на полную глубину. При этом ясно отпадает одна обработка. На одном удобренном участке занятого пара высевается озимое кормовое растение. Таким растением на юго-западе черноземной полосы может быть озимая вика (*Vicia sativa dura*) в смеси с озимым ячменем или озимой рожью. В остальных местах часто рекомендуют смесь мохнатой вики (*Vicia villosa*) с озимой рожью. Но достать семена мохнатой вики трудно. И поэтому чаще всего высевают просто озимую рожь.

Весной обработка остальных участков занятого пара не отличается от ранней весенней обработки черного пара. Немедленно после волочения удобренный с осени участок засеивается кормовой мешанкой. В качестве кормовых мешанок большей частью применяются смеси вики с овсом или ячменем, или гороха, или пелюшки (*Pisum arvense*) с овсом.

Эти растения получили всеобщее распространение и совершенно оставили в тени лучшее растение для посева в занятом пару — американский «мамонтовый» клевер (*Mammoth red clover*). Этот клевер представляет однолетнюю расу многолетнего клевера, которая созревает для укоса через полтора месяца после посева и скошенная в момент бутонизации непременно дает второй укос. Урожай этого клевера не отличается от одноукосного многолетнего клевера.

Для более поздних участков занятого пара часто рекомендуют инкарнатный клевер. Но как кормовое растение он уступает другим вследствие колючести его чашечек. Поздние расы его представляют хорошее растение для зеленого удобрения.

Остальные участки засеиваются весной, сообразуясь со сроками получения кормов, но с таким расчетом, чтобы самый поздний участок можно было подвергнуть лушению и дней через 8—10 двоению до указанного выше срока посева озимых.

Незасеянные ранней весной участки занятого пара подвергаются лушению, как и черный пар. Второе лушение их совпадает с вывозкой и запашкой навоза, которое производится по тем же правилам, что и в черном пару. Часть участков засеивается немедленно после запашки навоза, а перед посевом остальных поздних участков производится предварительная культивация, но не лушение. В противном случае посев кормовой смеси будет сорный.

Уборка зеленого корма каждого участка производится загонами, чтобы освобождались участки для лушения жнивья, которое производится частями, одновременно с освобождением участка. После лушения викового жнивья оно редко зеленеет вследствие значительной сухости почвы, так что лушение служит главным образом для возобновления запаса воды июньскими и июльскими дождями. Если поле зарастает сором, то его уничтожают обработкой, как и в черном пару.

Обработка занятого пара. На части занятого пара, удобренной с осени, навоз хорошо разлагается в течение осени и ранней весной, но образовавшийся перегной вследствие иссушения почвы полностью переходит в нерастворимое состояние, и значение двойки, в сущности, утрачивается.

Навоз в занятом пару вследствие иссушения почвы кормовой смесью разлагается очень медленно, особенно на части его, удобренной с весны, так что при двойке этой части викового жнивья перепревший навоз иногда выворачивается на поверхность поля. После того как будет убрана вся кормовая смесь занятого пара, поле целиком подвергается двоению. Двоеение должно быть окончено с таким расчетом, чтобы до посева озимой ржи в северных районах европейской части и в западных областях азиатской части СССР оставались две декады, а перед посевом пшеницы — 2½ декады. Окончание двоения раннего пара для других

районов необходимо установить так, чтобы срок до посева озимых культур по сравнению с указанными выше для черного пара увеличился на полдекады. Эта предосторожность необходима по той причине, что вследствие большей сухости занятого пара не всегда удается избежать несколько глыбистой пашины, для осадки которой требуется большее время. Эти соображения должны быть приняты во внимание и при выделении летних участков занятого пара.

После двояния обработка занятого пара ничем не отличается от обработки черного пара.

Другие разновидности черного пара. Эволюция черного пара в пар, занятый культурными растениями, началась еще в начале XVIII столетия в Англии, где черный пар с тех пор постепенно занимается *пропашными растениями*, преимущественно репой (turnips) и именно тарелочной формой ее. Урожай турнепса стравливается, без уборки его, овцами на поле в течение всей зимы, так что поле одновременно получает и удобрение толокой.

Во Франции также постепенно на паровое поле стала переноситься листовая и мозговая капуста, которая также стравливалась на месте крупному рогатому молочному скоту.

В Германии черный пар постепенно был занят кормовой свеклой и в скандинавских государствах — кормовой брюквой, которые на зиму убирались.

В восточных штатах Северной Америки черный пар скоро был занят кукурузой на зеленый корм.

Обработка нового типа пропашного пара, понятно, претерпела некоторые изменения. *Внесение навоза получило ясную тенденцию быть перенесенным на весну, чтобы избежать бесполезных потерь от осеннего выщелачивания нитратов.* Осеннее внесение навоза сохранилось только при культуре крестоцветных, репы, капусты, брюквы, которые высевались очень рано с целью избежать повреждения посевов земляной блохой и блестяшкой. Но даже и в этом случае стали прибегать к поздним июньским посевам репы и брюквы и к посадке капусты рассадой, чтобы иметь возможность внести навоз весной.

Таким образом осенняя обработка свелась к такой же, как и в черном пару. Что касается весенней и летней обработки, то тут, в сущности, дело свелось к требованиям той или другой культуры. В СССР имеется стремление занимать пропашной пар силосными растениями. Не подлежит сомнению, что к такому занятому пару нужно отнестись отрицательно в случае занятия поля озимыми хлебами. В этом случае и паровая обработка не достигает своей цели, и силосное растение приходится убирать значительно раньше, чем оно достигло уборочной спелости. Все это представляется явно нерациональным. В случае следования за таким пропашным паром яровых мы также встречаем частный случай культуры того или другого растения.

Что касается разных видов кулисных (херсонский, американский) и тому подобных паров, то они представляют пережитки мелкого крестьянского земледелия, а при колхозном строе попытки их введения вносят такую массу неудобств в обработку паров, что они не имеют никаких преимуществ перед черными и занятыми парами. Поэтому они не должны применяться, как не отвечающие современным условиям социалистического земледелия.

ОСНОВЫ ЗЕЛЕННОЙ КОРМОВОЙ ПЛОЩАДИ И КОРМОВОЙ СЕВООБОРОТ

Производительность труда в растениеводстве. — Производственная задача животноводства. — Производственная задача земледелия. — Иное помимо животноводства использование отбросов растениеводства. — Денитрификация. — Сжигание соломы в поле. — Искусственный навоз. — Условие производительности животноводства. — Грубые и концентрированные корма. — Две группы животных. — Полноценные и витаминные корма и авитаминоз. — Сочные корма. — Состав природной зеленой кормовой площади. — Кормовое значение многолетних злаков. — Лес как кормовое угодие. — Пастбища по озимым. — Пастбища по жнивью. — Посевы трав в полевом севообороте как кормовая база. — Природные луга как кормовая база. — Заболачивание природных лугов. — Поверхностное улучшение природных лугов. — Коренное улучшение лугов. — Неприменимость культурной вспашки на природных лугах. — Вспашка природных лугов мелким (американским) оборотом пласта. — Орудия обработки пласта вспаханных природных лугов. — Удобрение при коренном улучшении лугов. — Приемы коренного улучшения лугов как борьба с последствиями природного процесса. — Кормовой севооборот травопольной системы земледелия. — Государственные плановые задания по животноводству. — Обращение культуры трав в кормовом севообороте из цели культуры в агротехническое средство. — Характер растений полевого периода кормового севооборота. — Многолетние травы как дезинфектор почвы.

Всякий урожай складывается из двух частей. Первая, ради получения которой возделываются растения, составляет плоды, семена, клубни или корни, которые непосредственно могут служить материалом для приготовления пищи человека или сырьем для промышленной переработки, а также и материалом для развития будущих поколений растений. Это в прямом смысле слова полезный плановый продукт растениеводства.

Наряду с этим получается и вторая часть урожая, не пригодная для этих целей, это — отмершая зеленая поверхность растений, их корни и корневые разветвления, стебли, ветви, черешки и покровы плодов и семян, ботва, пожнивные остатки, солома и пр. Это — отброс растениеводства или его неплановый продукт.

Производительность труда в растениеводстве. Соотношение между полезной частью урожая, или той частью всей продукции растениеводства, которую раньше называли товарной продукцией, и отбросами и отходами растениеводства довольно постоянно для всех сельскохозяйственных культур. В среднем, не делая грубой ошибки, можно принять, что на одну весовую часть плановой продукции приходится три таких же весовых части отбросов и отходов, или, другими словами, *плановая полезная продукция растениеводства составляет лишь 25% всего урожая растений, а 75% урожая представляют отбросы.*

Выше указывалось, что для создания азотсодержащего органического вещества растение должно разрушать приблизительно половину созданного им безазотного органического вещества. Это количество разрушаемого безазотного органического вещества приблизительно равно половине всей продукции хлоропласта, и лучистая энергия, первоначально связанная растением в разрушенной им части органического вещества, освобождается в форме тепла. Поэтому если выразить полезную продукцию растения по отношению ко всему количеству усвоенной им солнечной энергии, то окажется, что *полезная продукция растения представляет лишь 12,5% всего количества поглощенной энергии, а отбросы составляют 87,5% того же количества энергии.*

Совершенно ясно, что помириться с такой ничтожной производительностью труда в основном производстве всего человечества нельзя. Поэтому в состав сельскохозяйственного производства входит как неотъемлемая его часть, как *отрасль производства — животноводство.*

Производственная задача животноводства. Задача животноводства сводится к преобразованию отбросов растениеводства в непосредственно полезную плановую продукцию. В конечном результате животноводство, так же как и растениеводство, выпускает не больше 25% всей своей продукции в форме полезной, в виде продуктов животноводства, а 75% — в виде отбросов, воды, угольной кислоты и навоза.

Навоз содержит все элементы пищи растений в виде сложного органического вещества. Зеленые же растения требуют пищу в виде простых минеральных веществ, и органическое вещество не может служить им пищей. Если прибавить к сказанному, что элементы пищи растений составляют лишь небольшую по весу часть земной коры, входя в нее все, вместе взятые, в количестве меньше 2%, то станет ясным, что если ежегодно часть огромной продукции сельского хозяйства всего земного шара будет оставаться в виде навоза, то скоро начнет ощущаться недостаток пищи для растений.

Производственная задача земледелия. Ясно, что навоз и пожнивные остатки должны беспрерывно разрушаться и их составные элементы пищи растений должны возвращаться в почву. Это входит в задачу третьей отрасли сельскохозяйственного производства, земледелия, разрушающего навоз и пожнивные остатки при посредстве микроорганизмов почвы и возобновляющего запасы пищи растений в почве.

Иное помимо животноводства использование отбросов растениеводства. Иногда предлагают переделать в полезные продукты отбросы растениеводства иными путями, кроме переработки их в продукты животноводства и его отброс, навоз. Такими известными нам путями могут быть переработка их в бумагу, картон, целлюлозу, употребление их в качестве топлива или применение в качестве удобрений.

Но такие продукты, как бумага, картон или целлюлоза, при всей их неоспоримой полезности не представляют продуктов настолько огромного потребления, чтобы можно было в них переделать все колоссальное количество соломы, ежегодно создаваемое сельским хозяйством. Кроме того, отбросы растениеводства не только солома, но и ботва, пшеница, черная патока, мязга и ряд других отбросов и побочных продуктов сельскохозяйственных технических производств, как барда, солодовые ростки, жмых, отруби, оладки хлебов, которые мы не умеем производительно использовать иначе, как при посредстве животноводства. Все эти отбросы и побочные продукты или представляют ценные концентрированные корма, или содержат большое количество воды. Поэтому скормливание их без прибавки грубых соломяных кормов неосуществимо.

Использование тех же отбросов в качестве топлива встречается с теми же затруднениями, о которых только что упоминалось. Кроме того, при сжигании отбросов растениеводства мы превращаем все количество поглощенного зеленым растением солнечного света в тепло, вместо того чтобы преобразовать его в динамическую энергию продуктов животноводства, и из веществ пищи растений, образующих органическое вещество, теряем весь азот, который полностью переходит в форму свободного азота воздуха.

Попытки запахивать отбросы растениеводства могут повлечь за собой двойные последствия в зависимости от характера запахиваемых отбросов. Если отбросы представляют зеленую ботву, то запашка их прямого вреда принести не может, и они служат в качестве удобрения. Однако такая запашка производится в конце лета или в начале осени, когда в почве разрушение органического вещества совершается очень быстро, и в результате в почве совсем не происходит накопления перегноя, а все составные части органического вещества отбросов обращаются в простые минеральные вещества, легко растворимые в воде. Даже трудно растворимая в чистой воде фосфорнокислая соль кальция, образующаяся при этом разложении, легко растворима в воде, содержащей в растворе угольную кислоту, а природная вода, в особенности почвенная вода, всегда содержит в растворе угольную кислоту, которая непрерывно образуется при разложении растительных и животных остатков. Поэтому образующиеся легко растворимые вещества

лищи растений в значительной мере подвергаются опасности вымывания из почвы осенними дождями. Таким образом при запашке ботвы вместо ее скармливания не только не получается ценных продуктов животноводства, но даже удобригельная способность ее используется в гораздо меньшей степени, чем в случае обращения в навоз, и 87,5% непроизводительного труда, воплощенного в этих отбросах, в огромной своей части остаются тем же непроизводительным трудом.

Денитрификация. Еще хуже обстоит дело в том случае, когда запахиивается солома или мякина, и совсем плохо, если запахиивается кострика. Все эти вещества, солома, мякина и кострика, равно как и стебли хлопчатника, подсолнечника и капустные кочерыжки, остающиеся в поле после уборки урожая, содержат очень мало азотистых соединений. Поэтому когда эти вещества запахииваются в почву и начинают быстро разлагаться при благоприятных условиях свободного доступа воздуха во свежевспаханную почву, бактерии, разлагающие их, потребляют недостающий и необходимый для их жизни азот, усваивая или разрушая содержащиеся в почве готовые, годные для питания растений, соединения азота, нитраты (соли азотной кислоты). Эти нитраты образовались в почве вследствие разложения азотосодержащих растительных и животных остатков и служат азотной пищей растений. Поэтому после разрушения нитратов бактериями, разлагающими запахииванную солому и другие безазотистые соединения, или перевода их в органическое вещество тел бактерий, в распоряжении культурных растений будет находиться тем меньшее количество азотной пищи, чем больше было запахиивано соломы и пр. Этот процесс носит в производстве название *денитрификации*. И сообразно уменьшению количества азотной пищи уменьшается и урожай последующей культуры, так как без азотной пищи не может образоваться белковое вещество, а без белка не может увеличиваться зеленая рабочая поверхность растения. Следовательно, употребляя на удобрение солому и другие отбросы растениеводства, содержащие мало азота, мы не только лишаемся ценных продуктов животноводства, но и в значительной степени снижаем производительность труда, вкладываемого в обработку почвы под последующее культурное растение, урожай которого будет неизбежно снижен влиянием запахииванной соломы. И снижение урожая будет тем значительнее, чем больше запахиивано соломы. Общая производительность труда в производстве будет понижена еще больше.

Сжигание соломы в поле. Иногда предлагается сжигать солому на поле, на котором она выросла и на котором она остается после обмолота, т. е. после отделения от нее производительной части урожая. При сжигании соломы из сжигаемого органического вещества образуются зола и пощаш, разрушающие прочность комковатой структуры почвы и, следовательно, снижающие производительность труда, употребляемого на обработку почвы. Ведь цель обработки — придача почве комковатой структуры, и чем меньше прочность комков, чем скорее комки будут размываться дождями, тем ниже будет урожай следующего культурного растения. Только в исключительных случаях можно прибегать к сжиганию на полях больших масс органического вещества. К таким исключительным случаям принадлежит, например, сжигание на полях сорняков (повилики), развившихся массами в результате применения неправильной агротехники.

Искусственный навоз. Совершенно очевидная несостоятельность разобранных приемов использования второй части урожая привела к выработке способа приготовления *искусственного навоза* без посредства животноводства. По этому способу, давно известному в сельском хозяйстве под названием «компостирования соломы», она складывается в скирды или ометы в переслойку с веществами, содержащими азот и другие составные части пищи растений, и время от времени поливается. По старому способу для поливки применялись навозная жижа, помой, жидкие отбросы кустарных производств и «ночное золото». Такая поливка служила как для увлажнения, так и для внесения в массу соломы недостающего для питания бактерий азота. Кроме того, в компост вносилась и печная зола. Таким образом использовались избыток соломы, кострика и все отбросы хозяйства, и производственное значение этого приема заключалось в использовании всех отбросов, которые не могли быть использованы животноводством.

С незапамятных времен и до настоящего времени этот прием сохранился под названием «амбар» у народностей центральной Азии, в том числе и во многих местностях среднеазиатских республик.

При способе приготовления искусственного навоза все количество соломы и мякны перерабатывается в удобрения, причем недостающие для жизни бактерий элементы пищи вносятся в массу соломы в виде покупных минеральных удобрений. Равномерное распределение элементов пищи достигается поливкой водой. Совершенно ясно, что при таком способе использования соломы производство в целом лишается полезных продуктов животноводства, а все 87,5% непроемчивого труда, воплощенного в соломе, целиком переносятся на искусственный навоз. Кроме того, в стоимость искусственного навоза переоплачивается и все количество труда на сгребание соломы, свозку и складку ее в ометы и поливку водой. Возрастание технической эффективности искусственного навоза вследствие прибавки к соломе минеральных удобрений ни в какой мере не может снизить непроизводительности труда, затраченного на его приготовление, так как действие прибавляемых минеральных удобрений не изменится независимо от того, будут ли они применяться отдельно или в смеси с перегноенной соломой.

Приготовление искусственного навоза может найти экономическое обоснование только в единоличном хозяйстве или в небольших «имениях», где при некоторых комбинациях условий организации хозяйства животноводство в кустарном масштабе может оказаться некупающей отраслью хозяйства.

Условие производительности животноводства. *Производительное животноводство может быть организовано только при условии наличия в хозяйстве зеленой кормовой базы.* Эта зеленая кормовая площадь в хозяйстве может служить или для получения сена, основы зимнего кормления продуктивного скота, или для получения сочного зеленого корма для стойлового или пастбищного кормления. Чаще всего встречается использование зеленой кормовой площади всеми тремя способами.

Неизбежность зеленой кормовой базы во всяком хозяйстве, совхоз ли это или колхоз, определяется особенностями отбросов растениеводства. Все эти отбросы могут быть разделены на четыре группы: 1) соломистые корма, 2) бодылье, 3) ботва и другие отбросы культуры корне-клубнеплодов и 4) концентрированные корма.

Из этих отбросов бодылье, т. е. твердые, содержащие большое количество древесины стебли хлопчатника, табака, подсолнечника, семенников корнеплодов и др. (к ним же по качеству можно причислить кострику ряда прядильных растений), не имеет кормового значения и может быть использовано на топливо или на приготовление компоста, как материал, облегчающий использование других отбросов хозяйства, или как сырье для изготовления суррогатов строительных материалов.

Грубые и концентрированные корма. Три группы других отбросов имеют кормовое значение, и из этих групп четвертая качественно отличается высоким содержанием белковых веществ. Две остальные группы объединяются одним общим признаком, ничтожным содержанием белковых веществ, они состоят преимущественно из безазотного органического вещества. При этом отбросы, получаемые при культуре корнеплодов, большей частью содержат много воды и в таком виде храниться не могут, поэтому должны подвергаться или искусственному высушиванию, или силосованию.

В процессе питания животных две группы растительных веществ, содержащие азот и безазотные, имеют различное значение. Животные могут самостоятельно преобразовать безазотное растительное вещество только в тепло; преобразовать в содержащее азот вещество своего тела или непосредственно в работу животные могут только содержащее азот растительные вещества.

Только низшие незеленые растения обладают способностью преобразовывать безазотное растительное вещество в содержащее азот органическое вещество. Конечно, эту работу преобразования безазотного органического вещества в содержащее азот низшие незеленые растения, грибы, лучистые грибы и бактерии

могут совершать, если они получают достаточное количество пищи, содержащей азот.

Две группы животных. Все домашние животные принадлежат к двум группам: животные с простым желудком и животные со сложным желудком, жвачные. Только у жвачных животных происходит сложное пищеварение, в котором последовательно в разных желудках животного в процессе изменения пищевой массы принимают участие лучистые грибы, инфузории, простые грибы и бактерии.

Поэтому процесс преобразования безазотных отбросов растениеводства в работу и в богатые азотом продукты животноводства доступен только жвачным животным и при обязательном добавлении в состав кормовой дачи концентрированных кормов.

Животные с простым желудком, в переваривании пищи которых низшие незеленые организмы не принимают участия, не могут поддерживать жизнь и производительность безазотными кормами и требуют концентрированных кормов как основы физиологических и производственных функций. Роль безазотных кормовых веществ в кормовой даче животных с простым желудком — лошадей, свиней, кроликов и птицы — сводится к тому, что эти вещества служат материалом для поддержания температуры тела животных, источником животного тепла. Поэтому зимой в холодных помещениях животные потребляют большое количество кормов, содержащих мало азота. В случае малого содержания в кормовой даче органических веществ, не содержащих азота, необходимая температура тела поддерживается разрушением органического вещества концентрированных кормов или так называемого поддерживающего корма, и полезная продуктивность животных падает.

Полноценные витаминные корма и авитаминоз. Кроме правильного соотношения содержания безазотного органического вещества грубых объемистых кормов, безразлично солоmistых или сочных, силосованных и кормов концентрированных, богатых белками, производительная работа животного организма требует наличия в корме особых веществ, носящих название *витаминов*. Недостаток витаминов в корме животных вызывает ряд заболеваний, объединяемых в животноводстве под общим названием *авитаминоза*.

Проявления авитаминоза очень разнообразны в зависимости от того, какой группы витаминов не хватает в корме. Общая напряженность жизнедеятельности животного организма падает; производительность животного прогрессивно уменьшается; размножение сильно затрудняется, развивается массовая яловость; появляются массовые болезни, рахит, преждевременная дряхлость, поварные мокрецы, уменьшается сопротивляемость организма инфекционным заболеваниям, начинают свирепствовать поварный выкидыш, поварное воспаление легких, поедание шерсти и т. д. Новые поколения мельчают, их производительность также прогрессивно падает, и начинает свирепствовать туберкулез.

Грубые солоmistые корма содержат ничтожное количество витаминов, практически граничащее с их отсутствием. Корма силосованные практически также не содержат их. Корма, подвергавшиеся искусственной сушке, и концентрированные корма, подвергавшиеся процессу экстрагирования жиров летучими растворителями, также не отличаются большим содержанием витаминов.

Единственным полноценным источником витаминов в кормовой даче травоядных домашних животных может быть только природный их корм в виде зеленого корма или пастбища летом и зеленого сена зимой.

Таким образом в настоящей стадии развития сельскохозяйственного производства мы должны признать, что *организация продуктивного животноводства, могущего действительно снизить 87,5% непроизводительного труда в растениеводстве, достижима исключительно на основе зеленой кормовой площади.*

Сочные корма. Вторым источником витаминов служат те участки кормовой площади, которые заняты производством сочных кормов. Кормовая площадь этого назначения должна быть разделена на две части: ту, которая занята производством *кормовых корнеплодов*, и ту, задачей которой ставится производство материала для приготовления силосованного корма. Вторая из этих двух частей

имеет в деле снабжения витаминами второстепенное значение вследствие уменьшения количественного содержания их во время процесса силосования. Площадь же под корнеплодами не может соперничать с зеленой кормовой площадью вследствие водянистости производимого ею корма, трудностей, связанных с его хранением, и особенностей его влияния на качество продуктов животноводства, препятствующих корнеплодам стать основой продуктивного животноводства.

Состав природной зеленой кормовой площади. Зеленая природная кормовая площадь складывается главным образом из лугов и степей, состоящих преимущественно из многолетних трав. Из последних главное кормовое значение имеют многолетние злаки. Причина преобладающего значения многолетних злаков в зеленой кормовой площади заключается в том, что они способны к неограниченному образованию обильных новых побегов в течение всего теплого времени, от начала цветения до глубокой осени, до наступления зимы. Эта способность дает возможность получить с лугов по меньшей мере два укоса и, кроме того, пользоваться ими как постоянным пастбищем. Другие растения или совсем не отличаются такими свойствами, или обладают ими в гораздо меньшей степени.

Кормовое значение многолетних злаков. Кроме того, многолетние злаки превосходят все другие кормовые растения благоприятным сочетанием безазотных и содержащих азот органических веществ и могут входить в кормовую дачу животных в любом количестве, не принося им вреда. Они природная пища травоядных и, по подсчетам английских ботаников, входят в количестве 90% по весу в состав природных группировок травянистых растений.

Помимо сказанного, многолетние злаки имеют листья, обладающие значительной упругостью в сухом состоянии, тогда как у большинства других травянистых растений листья в сухом состоянии очень хрупки, и поэтому при уборке, при раздаче сена и при самом поедании его большая часть листьев этих растений обращается в труху, и в сене остаются преимущественно стебли, тогда как сено злаков сохраняет в этих условиях почти все свои листья.

Стебли злакового сена мало отличаются по составу и по внешним свойствам от листьев, тогда как у большинства бобовых и так называемого разнотравья стебли содержат очень много одревесневшей клетчатки, имеющей ничтожное кормовое значение.

Зеленая кормовая площадь составляется из всех трех типов хозяйственных угодий: лесов, полей и лугов.

Сенокос и пастбища в лесных массивах государственного значения в лесопромышленной зоне настолько тесно связаны с вопросами лесопользования и лесовозобновления, что представляют специально-хозяйственный вопрос, поэтому мы их касаться не будем и ограничимся лишь коротким обсуждением с этой стороны лесов лесокультурной зоны.

Лес как кормовое угодие. Роль лесов лесокультурной зоны в сельскохозяйственном производстве чрезвычайно велика. Они представляют главный способ воздействия на перераспределение природной неравномерности влажности по территории района. Вследствие особенностей мертвого почвенного покрова леса, влияния деревьев на ход оттаивания почвы и влияния полога леса на быстроту схода снегового покрова, все годовое количество атмосферной воды, достигающей поверхности почвы леса, проникает в мертвый покров почвы леса и из него медленным током почвенной воды стекает на склоны. Ток этот настолько замедлен, что он не прекращается от дождя до дождя и, таким образом, обращается в непрерывный поток почвенной воды, стекающий к полям, расположенным по склонам. Лес представляет лучший природный регулятор влажности полей.

Очевидно, что для проявления своего значения «лес агрономического значения» в лесокультурной зоне должен занимать водоразделы. Если водоразделы обезлесены, то атмосферные осадки скатываются по поверхности почвы. Вода эта сносит с собой и пахотный слой, размывает овраги, отлагает снесенный песок в реках, причиняет огромные весенние разливы рек и летние паводки. После того как спадает разлив, уровень рек сильно понижается вследствие ничтожного притока скудных почвенных вод в течение лета, и нанесенный песок образует мели

и перекаты. Кроме агрономического значения, эти леса имеют и важное государственное значение. Они регуляторы водного хозяйства всей страны.

Вместе с тем водораздельные леса своими глубокими многолетними корнями извлекают элементы пищи из очень глубоких слоев рухляка.

Усвоенная пища идет на образование листьев и побегов, которые ежегодно опадают на поверхность почвы и разлагаются при доступе воздуха. Получающиеся простые минеральные соединения растворяются в воде и ею приносятся на склоны.

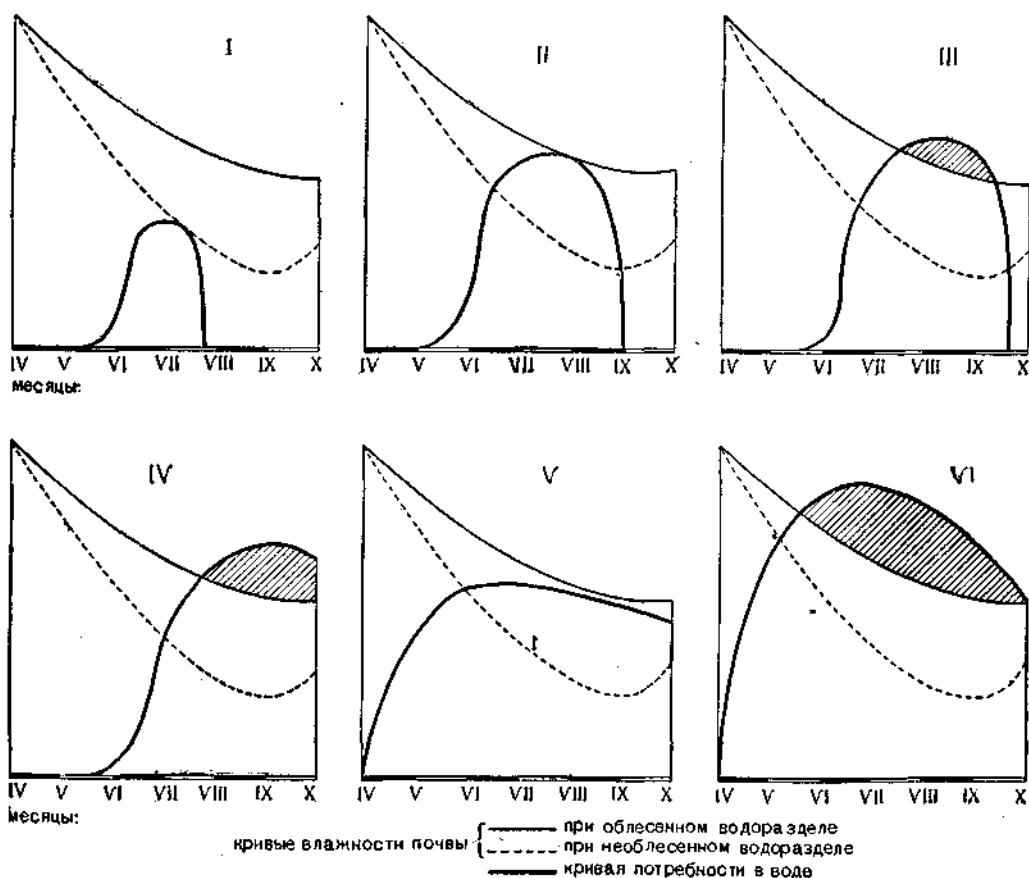


Рис. 194. Схемы соотношений потребности разных групп культурных растений в воде по фазам их развития с изменением влажности почвы полей при облесенных водоразделах и на абсолютно обезлесенных территориях: I — скороспелые кормовые полевые и скороспелые хлеба южных, северных и горных стран; II — позднеспелые хлеба продовольственного и товарного характера; III — технические растения; IV — корнеплоды технического, пищевого и кормового значения; V — посевные многолетние злаки и бобовые полевой культуры; VI — посевные многолетние злаки и бобовые луговой культуры.

Возделывание же одних травянистых растений с неглубокими корнями на водоразделах не может дать высоких урожаев вследствие необеспеченности этих растений водой и пищей, быстро стекающих по склону, и труд, затраченный на возделывание только травянистых растений на водоразделах, всегда отличается относительно наименьшей производительностью.

Наоборот, лесное или плодовое насаждение (деревянистый массив), создающее условия обильного водоснабжения и извлекающее пищу из глубин, не доступных корням травянистых растений, представляет очевидную форму производительного труда на водораздельных пространствах.

Под пологом леса вследствие обеспеченности почвы водой и обильного притока пищи путем разложения опадающих листьев, хвои и побегов развиваются превосходные пастбища. Ценность лесных пастбищ особенно велика вследствие изобилия на них бобовых растений, богатых азотом. Присутствие бобовых определяется тем, что мертвые листья и побеги деревянистых растений содержат много дубильных веществ, исключающих возможность их разложения бактериями и поэтому разрушаемых только грибами. Грибы обращают азот органического вещества, ими разрушаемого, частью в органическое вещество своего тела, частью в форму свободного азота.

Поэтому под пологом леса питание всех травянистых растений азотом может осуществляться только в присутствии бобовых растений, способных усваивать свободный азот путем сожительства с азотусвояющими бактериями.

Но понятно, что неурегулированное использование лесных пастбищ связано с истреблением молодого подроста леса, и в этом случае при правильном лесном хозяйстве необходимо применять искусственное лесовозобновление. Это мероприятие обходится очень дорого и в значительной степени снижает производительность труда, применяемого при использовании лесов агрономического значения. Поэтому теперь общепризнана система лесопользования в виде так называемого беспрерывного леса или рубок ухода, исключающих пастьбу и искусственное лесовозобновление и обеспечивающих наибольшую производительность труда, особенно в лесах агрономического значения.

Таким образом участие лесных пастбищ в обеспечении крупного коллективного хозяйства зеленой кормовой площадью требует специальной организации.

В полях зеленая кормовая площадь может быть представлена в разнообразных формах. Таковыми могут быть многолетние травяные поля, разведение однолетних кормовых растений, пастьба по паровым полям, пастьба по жнивью, пастьба по озимям.

Пастьба по озимым. Пастьба по озимым хлебам представляет всегда результат какой-либо ошибки при культуре озимых хлебов. Она вынуждается слишком густым развитием побегов озимых хлебов, кустящихся преимущественно осенью, чаще всего озимой ржи. Такое изобильное развитие побегов может получиться вследствие слишком густого посева, не согласованного или с качеством семян, или со временем посева, или с содержанием в почве пищи растений. Совершенно ясно, что такие элементарные ошибки, возможные в единоличном хозяйстве, совершенно недопустимы в крупном коллективном хозяйстве, в котором правильность приемов агротехники должна быть обеспечена наличием персонала соответствующей квалификации. Поэтому пастьба по озимым не может ни в какой мере служить хотя бы частичной основой организации зеленой кормовой площади.

Пастьба по жнивью. Пастьба по жнивью представляет результат острого недостатка зеленых кормов, неизбежного следствия господства паровой системы земледелия при дореволюционной системе единоличного хозяйства. Так как паровая система земледелия не в состоянии поднять урожайности культурных растений выше стихийного среднего минимума, то для получения необходимого количества продовольственных хлебов приходилось в связи с ростом численности населения и возрастающими требованиями торгового капитала распахивать все новые площади с целью расширения посевной площади. Эта распахка производилась за счет природной кормовой площади и, очевидно, начиная с лучших участков, наиболее пригодных для культуры продовольственных хлебов.

Понятно, что этот процесс возрастающей распахки неминуемо должен был привести к понижению средней урожайности продовольственных хлебов, занимавших все менее отвечающие их требованиям угодия. Рядом с этим, в строгом соответствии с увеличением распахки, уменьшалось и количественное производство зеленого корма как сена, так и пастбища, и ухудшалось качество корма, так как не распахивались только худшие кормовые угодия избыточной влажности. Наконец, под влиянием вынужденной неумеренной пастьбы и эти худшие кормовые угодия вытаптывались до полной непроизводительности (рис. 193).

Тогда пастьба переносилась на паровые поля и на жнивьё, где скот получал скудное зеленое питание в ущерб урожаям продовольственных хлебов. Почва полей утаптывалась и не могла быть очищена от сорных трав.

Очевидно, что такой порядок использования производительных сил земли ни в какой мере не терпим при плановой организации крупного коллективного хозяйства. Жнивьё должно быть немедленно по уборке урожая взлущено, чтобы дать возможность почве заласти все количество осенней дождевой воды и заставить прорасти возможно большее количество семян сорняков, которые уничтожаются последующей осенней глубокой вспашкой. Вместе с тем лущение жнивья уничтожает все яйца, личинки и куколки вредных насекомых, зимующих на жнивье, падалице или в поверхностных слоях почвы.

Таким образом значение жнивья как части зеленой кормовой площади в культурном хозяйстве совершенно упраздняется, и одновременно лущением жнивья упраздняется и пастбищное значение парового поля.

Посевы трав в полевом севообороте как кормовая база. Остаются как источник зеленой сухой и свежей кормовой массы посевы многолетних и однолетних кормовых трав на полях. Значение тех и других совершенно различно.

Если посев многолетних трав в полевом севообороте с целью создать кормовую площадь не может привести к иному результату, кроме мало производительной затраты труда, то создание кормовой площади на полях посредством посева однолетних кормовых растений не может вызывать никаких сомнений относительно своего хозяйственного значения.

Однолетнее растение, совершенно независимо от назначения его культуры, не может накопить в почве органических остатков, не может накопить в почве перегной и не только требует разрушения органических остатков для своего питания, но и способствует потере почвой прочности ее структуры.

При полевой культуре многолетних трав урожай кормовой массы представляет дополнительную прибавку к восстановлению условий плодородия почв, которое достигается накоплением перегноя и созданием структуры почвы культурой многолетних трав.

При культуре однолетних кормовых трав все преимущества, получаемые культурой многолетних трав, отсутствуют, и остается только один урожай кормовой массы. По качеству кормовая масса однолетних трав всегда стоит ниже кормовой массы многолетних.

Однолетние кормовые не обладают способностью неограниченного кущения и далеко не всегда образуют достаточно обильные побеги, могущие дать второй укос. Поэтому пользуются одним укосом, допуская их до цветения. Но с этого времени начинается усиленное передвижение питательных веществ из листьев в завязывающиеся семена. В результате кормовое достоинство зеленых частей сильно понижается, семена же при скармливании сена однолетних трав целиком осыпаются в труху.

Примесь однолетних бобовых к кормовым однолетним злакам мало помогает. Вследствие большой разницы в толщине листьев и стеблей бобовых и большой хрупкости высохших листьев они сильно осыпаются при сушке и особенно при употреблении в корм сена однолетних бобовых.

Корни однолетних бобовых растений не отличаются глубоким развитием и вследствие этого не способны обогащать пахотный слой кальцием. Поэтому образующийся при разложении корней бобовых аммоний сильно поглощается перегноем почвы и лишает его прочности.

Природные луга как кормовая база. Все перечисленные обстоятельства — причина того, что кормовой площадью в хозяйстве могут быть только луга, и всякая попытка создать основную, а не подсобную зеленую кормовую площадь в полевом севообороте всегда связана с значительным понижением производительности труда в полевом севообороте.

Глубоко осознанная сельскохозяйственным производством неизбежность создания зеленой кормовой площади, как основы производительного животноводства, заставила рассматривать природные луга как угодия сенокосные и пастбищные.

Существенное свойство многолетней травянистой растительности, составляющей луга и луговые степи, представляет неизбежное накопление в покрытой ими почве мертвых растительных остатков и перегной. Следствие такого накопления — неизбежное изменение состава луговой растительности, появление разнотравья, зеленых мхов и, наконец, плотнокустовых злаков, как было разобрано в соответствующей главе.

С появлением плотнокустовых злаков условия накопления растительных остатков в почве луга резко изменяются. У злаков рыхлокустовых и корневищевых узлы кушения развиваются под поверхностью почвы. Так как в узлах кушения сосредоточивается наибольшая масса органического вещества, создаваемого многолетними злаками, то ясно, что тот слой почвы, в котором они сосредоточены, одновременно и слой наибольшего скопления органического вещества в почве.

С появлением плотнокустовых злаков, развивающих узлы кушения выше поверхности почвы, начинается накопление мертвых растительных остатков над поверхностью почвы. Этот процесс вызывает *отторжение дернины луга*, и мертвое органическое вещество, отлагающееся выше поверхности минеральной почвы, носит название *торфа*. На луговых степях этот процесс вызывает образование на поверхности толстого мертвого степного покрова.

Пока происходит на лугу развитие рыхлокустовых злаков и пока в массе почвы еще не накопилось большого количества органического вещества, растения пользуются обильной минеральной и азотной пищей, так как в почве преобладают разложения органического вещества бактериями, живущими при доступе кислорода воздуха, так называемыми *аэробными бактериями*. Кроме того, в почве лугов, расположенных преимущественно в более пониженных элементах рельефа, притекают вместе с почвенной водой элементы пищи растения с вышележащих полей. После уборки полевых растений происходит быстрое разложение их пожнивных остатков, и так как поля в это время обнажены и образовавшаяся растворимая в воде пища растений не может быть использована, то осенние дожди, питающие почвенные воды, приносят вещества пищи растений в почву лугов.

Вследствие способности к неограниченному побегообразованию луговые злаки переводят всю притекающую минеральную пищу в органические вещества и предохраняют ее от вымывания. В этом заключается еще одно чрезвычайно важное значение лугов в народном хозяйстве. Вследствие обильного притока минеральной пищи отлагаемое рыхлокустовыми злаками в массе почвы мертвое органическое вещество богато содержанием элементов пищи растений. Это и составляет существенное свойство луговой стадии дернового периода. Происходит накопление мертвых растительных остатков, образование *дернины*, и рядом с этим накопление в почве запаса элементов пищи растений, входящих в состав органического вещества дернины.

Но по мере накопления в дернине органического вещества его разложение в поверхностном слое, соприкасающемся с воздухом, происходящее под влиянием аэробных бактерий, становится настолько сплошным и непрерывным, распространяясь по всей поверхности луга, что оно потребляет весь кислород проникающего воздуха, и в массе почвы создаются условия отсутствия кислорода. В создавшихся условиях в массе почвы могут существовать только бактерии, живущие без доступа воздуха, так называемые *анаэробные бактерии*.

Мы уже видели, что при этих условиях могут питаться лишь плотнокустовые злаки, переносящие процесс отложения мертвого органического вещества на поверхность луга. В процессе корневого питания плотнокустовые злаки зависят от развития на их корнях грибки низших грибов. Грибы разлагают органическое вещество посредством выделяемой ими органической кислоты. Все выделения живых организмов представляют яд по отношению к выделявшим их организмам, и если содержание этих выделений в среде, окружающей организм, достигает известной предельной высоты, жизнь организма в такой среде, отравленной его выделениями, становится невозможной.

В рассматриваемой стадии развития луга не создается таких условий, при которых могло бы происходить природное обезвреживание почвы луга от накапли-

шегося выделения грибов. Вследствие скопления большого количества органического вещества в почве, она становится практически непроницаемой для воды, а при разложении органического вещества грибами не образуется таких веществ, которые могли бы обезвредить выделения грибов. Поэтому выделяемое грибами вещество, креновая кислота, не может быть вымыто застойной почвенной водой луга, оно не может улетучиться потому, что не летуче, и не может быть усреднено.

В результате создавшихся условий грибы принуждены покинуть нижние слои почвы и могут развиваться только на самых поверхностных частях корней плотнокустовых злаков, развивающихся в еще не уплотненных слоях недавно отмершего органического вещества.

Очевидно, что все количество пищи растений, оставшейся в покинутых грибами слоях почвы, становится совершенно не доступным для зеленых растений, не могущих самостоятельно разрушить органическое вещество.

Как прямой результат новых условий обособляется существенный признак новой болотной стадии развития дернового процесса. Ясно, что отлагающееся на поверхности минеральной почвы органическое вещество будет становиться все беднее элементами пищи растений, которые по мере накопления верхних слоев органических остатков и уплотнения под их тяжестью нижних слоев становятся недоступными корням растений.

Заболачивание природных лугов. Обеднение верхних слоев почвы луга минеральной пищей растений повлияет не только на уменьшение урожая луга, но отразится и на скорости разложения органического вещества, отлагающегося на его поверхности. Разложение мертвых остатков растений совершается бактериями, и чем скуднее питание бактерий минеральной пищей, тем медленнее протекает вся их работа, а следовательно, тем быстрее совершается накопление слоев мертвого органического вещества на поверхности луга и тем скорее нарастает слой торфа, луг заболачивается, а на луговой степи появляется изреженная флора ковылей.

Это обеднение верхних слоев почвы луга и луговой степи скоро достигает такой значительной степени, что плотнокустовые злаки своими короткими однолетними корнями не в состоянии охватить объем почвы, достаточный для питания растений. Корни этих злаков не могут для питания растения использовать глубокие, богатые минеральной пищей слои почвы, так как в этих слоях не могут развиваться низшие грибы, разрушающие органическое вещество, и поэтому они должны захватить возможно большую поверхность почвы. Для однолетних корней плотнокустовых злаков это неосуществимо, так как каждый год корни их должны вновь начинать свое развитие из того же центра, куста злака.

С этого времени на поверхности луга начинают появляться и неудержимо разрастаются деревянистые растения с многолетними деревянистыми корнями, которые с каждым годом захватывают все большую поверхность луга. Сначала появляются кусты ивняка, в дальнейшем присоединяются береза и осина. Подобный же процесс наблюдается и на луговой степи, в это время на ней появляется масса деревянистых растений. В таком состоянии начинающегося заболачивания находится подавляющее большинство лугов и травяных степей СССР. И к такому состоянию неизбежно приходит всякий луг, предоставленный самому себе. Это состояние есть неизбежное следствие накопления в почве мертвого органического вещества, а накопление органического вещества есть существенное неотъемлемое свойство многолетних травянистых растений луговой растительной формации.

Понятно, что, находясь под угрозой неизбежного ухудшения качества природной кормовой площади и обусловленного им уменьшения укосов сена, ухудшения его евойств и падения производительности пастбищных угодий, с одной стороны, и учитывая важность зеленой кормовой площади в поднятии производительности труда в сельском хозяйстве, с другой, производство стремилось выработать приемы поддержания производительности лугов на возможно высоком и устойчивом уровне. Совокупность этих мероприятий и вылилась в учение о луговодстве.

Самое первое объяснение причин ухудшения качества природных лугов и уменьшения их урожая, легшее в основу выработки приемов *улучшения природ-*

ных лугов, было, по существу, правильным. Ухудшение хозяйственной производительности лугов объясняли слишком большим уплотнением поверхности дернины, мешавшим свободному доступу воздуха в почву луга, в результате чего уменьшалось «выветривание» почвы, а это уменьшение выветривания должно было вызвать уменьшение урожаев сена вследствие недостатка пищи растений.

Теперь известно, что причина падения урожаев лугов заключается в изменении биологических процессов разложения органических веществ луговой почвы.

Поверхностное улучшение природных лугов. Все приемы луговодства, от самых старых до современных, имеют в основе задачу разрушения неизбежно накапливающегося органического вещества. Они сводились к разрезанию или разрыхлению дернины с целью пропустить кислород воздуха.

Орудия, применявшиеся с этой целью, сводились к системе вертикальных ножей, посредством которых проводились более или менее глубокие борозды в дернине. Весьма понятно, что эти борозды чрезвычайно быстро заполнялись мертвыми растительными остатками, и действие их, если оно и было, продолжалось очень недолго, между тем как затрата работы на разрезание плотной упругой дернины была очень велика.

Вследствие этого попытки разрезания дернины были скоро оставлены, и его пытались заменить сплошным разрыхлением дернины путем боронования простыми и членистыми боронами. Результаты боронования превзошли ожидания. Вместо улучшения роста злаков после боронования стали усиленно развиваться сорняки и мхи.

Причина этого процесса заключается в том, что освобождающиеся после весеннего боронования усвояемые формы пищи растений весной не могут использоваться злаками, о чем говорилось выше. А при осеннем бороновании та же пища растений не могла проникнуть в почву, переполненную органическим веществом, вследствие восходящего тока воды, испаряемой луговой растительностью. Этот прием оказался еще менее полезным, чем разрезание дернины.

Кроме того, боронование лугов встретило большое препятствие в кочках и неровностях, которые покрывают поверхность запущенных лугов. Все попытки создания конных орудий, кочкорезов и луговых стругов, оказались неудачными вследствие огромного сопротивления кочек разрезанию. Это привело к попыткам уничтожения кочек посредством срубания их топорами или лопатами.

Работа эта была крайне трудоемкая и вызвала необходимость свлакивания срубленных кочек в кучи, перегнаивания их в форме компоста и последующей разброски компоста по поверхности луга.

Обнаженная при срезке кочек почва луга не зарастала луговой растительностью и вызвала необходимость подсева семян луговых растений. Отсутствие семян луговых трав на рынке вызвало попытки применения в качестве посевного материала сеной трухи, которая преимущественно состояла из семян сорняков.

Пока развивалась культура семян луговых растений, были сделаны попытки так называемого лущения лугов. При этом тонкие пласты дернины сдвигались лущильником в сторону; открытая поверхность почвы рыхлилась бороздным ежом, на взрыхленную полосу надвигалась лущильником дернина следующей борозды, и по окончании операции луг прикатывался. Или дернина поднималась на своеобразный отвал, под которым укреплялся бороздный еж, и снятая дернина укладывалась на взрыхленную почву. В сравнительно недавнее время предлагались эктирпаторы, снабженные с верхней поверхности короткими ножевидными отростками. Ими разрыхлялась не нижележащая почва, а подрезанная эктирпатором дернина с ее нижней стороны.

Весьма понятно, что все эти приемы, требовавшие чрезвычайно большой затраты труда, давали очень малое и очень непродолжительное улучшение луга. Малая эффективность этих приемов вызвала внесение минеральных удобрений, действие которых было чрезвычайно слабое и непродолжительное, так как весьма понятно, что все формы минеральных удобрений быстро переводились в неусвояемые соединения.

Неудача удобрений лугов объяснялась недостатком таких растений в травостое луга, которые могли использовать элементы пищи, что вызвало попытки ввести в луговые смеси рыхлокустовые злаки, семена которых уже были в продаже. Понятно, что семена рыхлокустовых злаков, растений исключительно автотрофного типа питания, не могли развиваться при полном господстве анаэробизиса в почве, и эффект посева оказывался ничтожным.

Все перечисленные выше приемы представляют все большее и большее возрастание затрат труда, работы и средств производства, и эти затраты давали ничтожный и скоропреходящий эффект. Поэтому уже в последнем десятилетии прошлого века все опытные учреждения по луговодству пришли к дружному выводу о неприменимости приемов поверхностного улучшения лугов. Они же стали пропагандировать приемы коренного улучшения лугов.

Значение органических остатков, неизбежно накопившихся в почве луга под покровом многолетних злаков, уже было достаточно выяснено. Огромное богатство луговой почвы зольной пищей растений и азотом, заключавшихся в органическом веществе, не может быть использовано наиболее продуктивными луговыми злаками, рыхлокустовыми и корневищевыми, могущими усвоить только минеральные вещества. Органическое вещество может быть разрушено только аэробным процессом его разложения.

Но при поверхностном рыхлении почвы луга кислород воздуха полностью поглощается разложением верхнего тонкого слоя разрыхленного органического вещества и в массу почвы не проникает. Посеянные злаки быстро потребляют как образующуюся усвояемую пищу, так и внесенные удобрения, переводя их в форму органического вещества, и луг быстро (в 2—3 года) обращается в прежнее состояние.

Коренное улучшение лугов. Совершенно ясно, что для внесения коренного изменения в условия питания луговой растительности нужно применить и коренную меру, нужно *луг вспахать*, нужно взрыхлить почву и *пропустить кислород воздуха во всю ее массу*.

Правильная в основе идея коренного улучшения луга при своем первоначальном практическом осуществлении встретила с двумя препятствиями, происшедшими из одной основной причины, о которой мы мимоходом упоминали выше и которая заключалась в стремлении *окупить мероприятия улучшения лугов, требовавшие очень больших затрат труда, энергии и средств, дешевым нетоварным продуктом*, реализация стоимости которого требовала много времени и новых значительных затрат.

Коренное улучшение *природного* луга связано с перепашкой луга. Это мероприятие в приложении к *природным* лугам требует чрезвычайно большой затраты труда и энергии и, как мы увидим дальше, затрат, *в большей своей части непроеводительных*. Погашение этих затрат покрывается отчасти повышением урожая луга после коренного его улучшения. Но величина этой затраты труда, энергии и средств ложится настолько тяжелым бременем на производство, где культура кормовой площадки не слита органически в одно целое с полеводством, а имеет характер отдельного подсобного производства, луговодства, что частое повторение его делается практически неосуществимым.

Мероприятие приобретает один реальный признак коренного улучшения, большую стоимость, не обладая его существенным свойством, неосторностью и необходимостью лишь небольших затрат для поддержания его действия в течение неопределенно долгого срока.

Значительная величина затрат на коренное улучшение луга неизбежно связана со всеми тремя видами улучшения лугов.

Неприменимость культурной вспашки на природных лугах. Прежде всего вспашка природного луга, в дернине которого накопилось большое количество органических остатков, не допускает применения *культурной вспашки*.

Дернина *природных* лугов, нуждающихся в коренном улучшении, отличается от дернины травяных полей не только более значительным количеством скопившегося в ней органического вещества, но и тем, что органическое вещество обо-

сбилося в торфянистый слой выше поверхности минеральной почвы. Обе эти причины обуславливают то, что в почве *природного* луга верхний слой, не способный крошиться, часто значительно превосходит толщину 10 см. Это утолщение некрошащегося слоя служит непреодолимым препятствием для производства коренного улучшения луга посредством системы культурной обработки.

Из изложения сущности применения плуга с предплужником ясно, что глубина вспашки должна быть в среднем вдвое больше толщины неспособного крошиться горизонта пахотного слоя. Поэтому, если толщина дернины луга равна, например, 20 см, то для производства культурной вспашки она должна производиться по меньшей мере на 40 см. Такое увеличение глубины вспашки в условиях луга потребует увеличения затраты количества работы не в два раза, а значительно больше. Хотя связность нижней части пласта на лугу и не будет сильно увеличена вследствие большой глубины структурного дернового горизонта, но сопротивление на разрыв всего пласта и особенно его верхней части сильно



Рис. 195. Вынужденная вспашка неглубокими пластами луга долгосрочного пользования американским конным плугом типа прэри-брэкер. Тяжелая работа, под силу только четырем лошадям.

возрастает. То, что мы называем разрезанием плужным ножом и лемехом, в сущности, представляет разрыв корней и подземных стеблей луговых трав и раздавливание комков почвы по всему разрезу. Вследствие изобилия живых и мертвых побегов в дернине луга сопротивление очень велико.

Это препятствие хотя и сильно удорожило бы вспашку луга, но не представляется неодолимым вследствие возможности введения работы механическими двигателями. Более серьезное препятствие введению обработки луга на глубину больше 20 см представляют химические свойства глубоких слоев луговой почвы.

Анаэробные бактерии характеризуются неизбежной для них способностью отнимать кислород от всех тех составных частей среды, от которых легко отщепляется весь или часть содержащегося в них кислорода, т. е. которые способны «восстанавливаться». К числу таких соединений в почве луга принадлежат сернокислые соли, освобождающиеся при аэробном разложении органического вещества в поверхностном слое дернины. При проникновении в более глубокие слои почвы природных лугов, где господствуют исключительно анаэробные бактерии, сернокислые соли восстанавливаются в сернистые соединения и образуют с соединениями железа, всегда имеющимися в почве, сернистое железо (марказит).

Сернистое железо в воде нерастворимо, и поэтому, пока оно находится в глубоких слоях почвы, оно безвредно для растений. Но как только при глубокой вспашке марказит будет вывернут в поверхностные слои почвы, он подвергнется окислению кислородом воздуха. При этом из сернистого железа образуются сернокислая соль закиси железа и серная кислота. Оба эти соединения сильно ядовиты для всех зеленых растений; при дальнейшем окислении сернокислая закись железа образует окись железа и серную кислоту.

Таким образом при глубокой вспашке природного луга весь пахотный слой будет отравлен для всех зеленых растений до тех пор, пока серная кислота не будет вымыта дождями в глубокие слои почвы, где анаэробные бактерии вновь

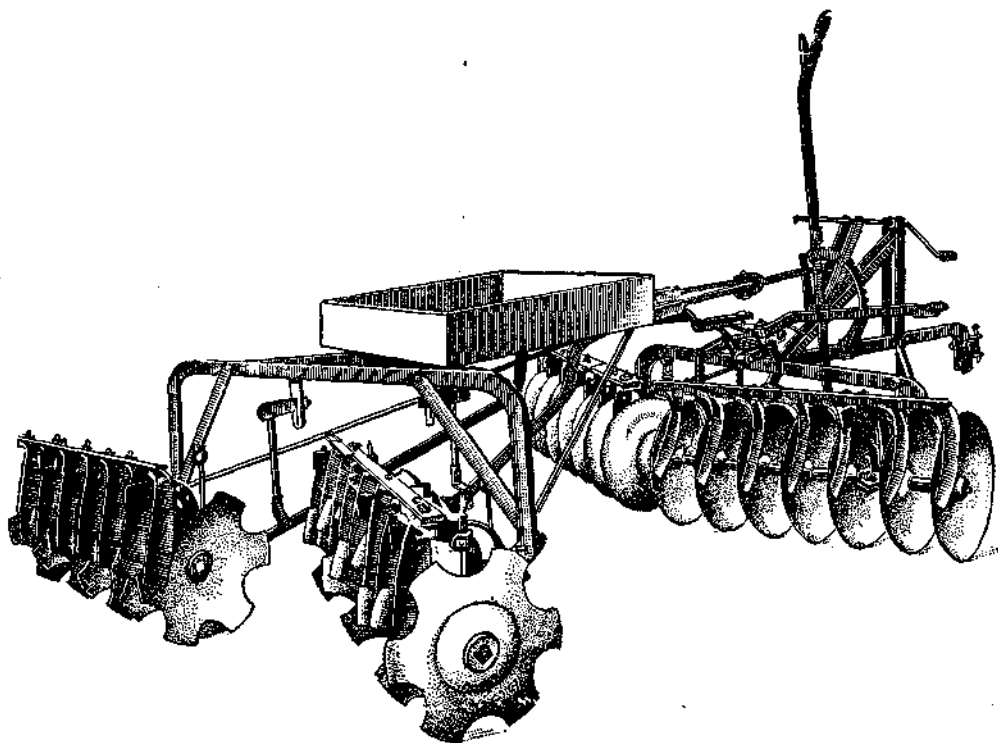


Рис. 196. Дисковый культиватор, вынужденно применяемый при неглубокой обработке долговременных лугов американскими плугами.

восстановят ее в сернистое железо. Процесс вымывания серной кислоты из почвы продолжается в среднем не меньше одного года, но в случае сухих лета и осени может затянуться и на два года.

Вспашка природных лугов мелким (американским) оборотом пласта. По этим двум причинам вспашку природных лугов приходится производить простыми плугами без предплужника. Вспашка эта требует и большей затраты работы, и специальных, более прочных плугов. Такие плуги изготовляются массами на американских заводах и представляют сабанообразный отвал с широким захватом и небольшой глубиной; они известны под общим названием прэри-брэкеров. Снабженные джойнтером, они перекидывают пласт на 180° и для дальнейшего разрыхления пласта требуют целой серии добавочных работ. Пласты дернины требуют усиленной затраты работы на свое обращение в рыхлое состояние, многократного дискования специальными луговыми дисками, требующими огромной затраты работы, с последующим многократным боронованием простыми боровами.

Орудия обработки пласта вспаханных природных лугов. Большие затраты на коренную вспашку лугов вызывали потребность в увеличении продукции луга для погашения этих затрат.

Это увеличение могло быть достигнуто двумя путями, по которым и пошло луговоеводство. Оно старалось повысить урожай луга и продлить пользование улучшенным лугом.

Первоначальная надежда на сильное повышение количества усвояемой пищи в почве луга не оправдалась. Пища растений в почве природного луга находится в неусвояемой форме органического вещества. Переход ее в усвояемое состояние может совершиться только после разрушения органического вещества аэробным процессом разложения.

Количество органических остатков в почве природных лугов очень велико, и аэробные бактерии, их разлагающие, в верхнем слое вспаханной почвы перехватывают весь кислород воздуха, стремящийся проникнуть в массу почвы. Проникновение же воздуха в почву, вспаханную плугом без предплужника, сильно затруднено, потому что поверхность почвы такого луга приведена в бесструктурное состояние вынужденным усиленным дискованием и боронованием

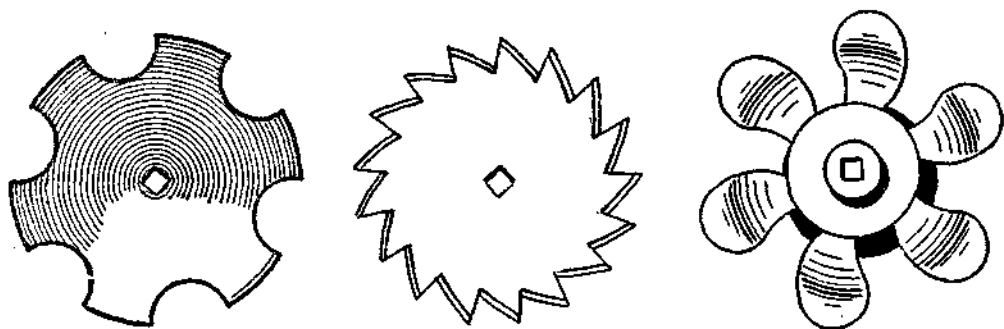


Рис. 197. Разные типы дисков, применяемых в луговых культиваторах.

Поэтому разложение остатков дернины в массе почвы вспаханного вырождавшегося луга идет очень несовершенно, и усвояемая пища в нее проникает только из верхнего слоя почвы. Но и это проникновение очень несовершенно, так как в поверхностном бесструктурном слое проникновение воды во время дождя происходит очень медленно, и тотчас после прекращения дождя нисходящий ток воды сменяется быстрым восходящим.

Такие результаты простой вспашки природных лугов привели к необходимости применения искусственных удобрений одновременно со вспашкой и посевом луговых злаков.

Ясно, что расходы на коренное улучшение луга возросли при этом в значительной степени.

Удобрение при коренном улучшении лугов. Не менее ясно, что при этих условиях пища растений, содержащаяся в органических остатках почвы луга, использовалась весьма несовершенно, и поднятие урожая луга основывалось почти целиком на вносимых искусственных удобрениях. Действие же последних быстро затухало, потому что они из растворимой формы быстро переводились в неусвояемую форму органических остатков, не разлагавшихся в анаэробных условиях переполненной органическим веществом почвы природных лугов.

Такое коренное улучшение лугов, требовавшее большой затраты средств, вызвало стремление по возможности продлить срок пользования его результатами при одновременном применении мер поверхностного улучшения лугов, переименованных в приемы ухода за искусственно созданным лугом, сменившим природный луг.

Приемы ухода за искусственно созданным постоянным лугом не отличались от приемов разобранных раньше мер поверхностного улучшения лугов. Они

сводились к боронованию и удобрению луга. Эти меры могли только несколько отдалить момент наступления неизбежного изменения состава растительности луга, так называемого *вырождения травы* и появления плотнокустовых злаков и их спутников, зеленых мхов, так называемого *закисания луга*.

В результате такого создания *искусственных постоянных* лугов получалась прогрессивно падающая производительность труда, затрачиваемого на уход за лугом. Уход за лугом по мере его старения требовал все усиливающейся обработки и все более частого применения удобрения во все возрастающих дозах. Между тем урожай луга медленно, но неукоснительно падал. В конечном результате «постоянный» луг приходилось вновь подвергать коренному улучшению.

При повторном применении коренного улучшения к *постоянному лугу* почва последнего ничем не отличалась от почвы *природного луга*. К коренному улучшению такого луга могла быть применена только вспашка плугом без предплужника с неизбежным последующим многократным дискованием и боронованием и с неизбежным внесением искусственных удобрений, т. е. затраты большого количества малопродуктивного труда и средств.

Попытки заменить плужную обработку при коренном улучшении лугов работой *фрезерных* машин, или *фрез*, сводятся к искусственному размельчению верхнего, не способного крошиться слоя пахотного горизонта посредством фрезерных крючков вместо последовательно комбинированной работы плуга, дисков и бороны.

Механическое размельчение не способного крошиться слоя пласта не может повлиять на изменение основного свойства дернины природного или постоянного луга, на избыточное содержание в ней органических остатков. Поэтому работа фрезы на лугу и на поле с точки зрения производственной должна оцениваться только со стороны ее влияния на разрушение структуры минеральной части почвы. Такое распыление, соединенное с сильным измельчением органических остатков дернины и, следовательно, с увеличением их поверхности соприкосновения с воздухом, может повлиять только в сторону затруднения доступа кислорода в массу луговой почвы. Поэтому работа фрезы на минеральных почвах лугов и полей должна быть признана столь же вредной, как и работа дисков и бороны.

Место применения фрезерных машин ограничивается болотной и лесной культурами, где они представляют полезнейшие орудия производства, в частности для уничтожения кочек и выравнивания поверхности болот.

Вопрос о большей или меньшей производительности работы фрезы по сравнению с комбинированной последовательной работой плуга, диска и бороны не может иметь значения, так как *механизация вредного элемента не может повлиять на уменьшение его отрицательного значения*.

Приемы коренного улучшения лугов как борьба с последствиями природного процесса. Общая участь всех приемов *улучшения* природных и «постоянных» (долгосрочных) лугов, особенно ярко выступившая в системе коренного улучшения лугов, быстрота затухания положительного эффекта всех мероприятий, ярко подчеркнула существование общей причины общего недостатка всех приемов.

Эта общая причина — неизбежность накопления мертвого органического вещества при развитии многолетних травянистых растений; совершенно ясно стало и то, что борьба с этим явлением в почве под покровом многолетней травянистой растительности не может дать положительных результатов как *борьба с последствиями*.

Под покровом многолетних травянистых растений процесс накопления мертвых растительных остатков идет, прогрессивно усиливаясь, процесс же разрушения тех же остатков в непаханной почве луга прогрессивно затухает под влиянием того же накопления мертвых остатков растений.

Очевидно, необходимо было продлить время пребывания почвы в разрыхленном на всю глубину пахотного слоя состоянии, т. е., другими словами, ввести после вспашки природного или постоянного луга культуру однолетних растений. Таким образом выявилось представление о «*промежуточных культурах*» в луговомодстве.

Но совершенно очевидно, что перепашка луга лишала производство соответственного количества зеленой кормовой массы, и ясно, что потребность в удлинении срока культуры однолетних растений на перепашанном лугу (промежуточная культура) сталкивалась с потребностью сельскохозяйственного производства в зеленой кормовой массе.

На вспаханном лугу можно было высевать только кормовые растения, не обостряя и без того острого кормового кризиса. Посев кормовых однолетних смесей («мешанок»), вики с овсом или с ячменем, озимой ржи с мохнатой викой, полевого гороха или гороха кормового, пелюшки с овсом или ячменем и других смесей, мог только до известной степени удовлетворить кормовые нужды производства. Но производительной такая культура не могла быть, ибо медленно идущий процесс разложения органических остатков в переполненной ими луговой почве не мог удовлетворить потребности в пище высоких урожаев кормовых мешанок.

Необходимость усилить проникновение в почву кислорода вызвала попытки введения в промежуточную культуру на возобновляемом лугу пропашных кормовых растений в надежде, что повторное рыхление вспаханной луговой почвы усилит разложение органических остатков.

Но в числе пропашных кормовых растений мы имеем корнеплоды и растения, дающие зеленую массу. Корнеплоды снабжают производство ценным сочным кормом, который, однако, не может заменить зеленого корма. Ботва корнеплодов в свежем состоянии имеет лишь ограниченное очень коротким сроком значение. В силосованном виде она может иметь значение только сочного корма, сушка же ее может быть производительно применена, повидимому, в очень ограниченном числе случаев. То же относится и к пропашным листовым, кукурузе, сахарному и обыкновенному сорго, подсолнечнику, кормовой калусте и пр. Они могут служить для удовлетворения потребности в зеленом корме, пастбищем, дают превосходные сочные корма, но не могут быть производительно использованы как сухой зеленый корм. По этим причинам культура кормовых пропашных с трудом проникает в практику сельскохозяйственного производства. Но главная причина неудовлетворительности значения в луговодстве как однолетних кормовых смесей, так и кормовых пропашных заключается в относительно малой ценности их продукции, которая, по существу, представляет нетоварный продукт.

Кормовой севооборот травопольной системы земледелия. Эти особенности луговодства и послужили основанием для полного вовлечения его в органическое слияние с растениеводством в форме *лугового севооборота* травопольной системы земледелия.

Основой организации всякого коллективного и советского хозяйства должно быть государственное плановое задание. Согласование и увязка производственных задач всех отраслей народного хозяйства СССР в свете очередных задач осуществляется центральными государственными органами и в первую очередь Госпланом СССР. Ему же, Госплану СССР, принадлежит количественное распределение общесоюзных производственных заданий по республикам. Задача республиканских плановых комиссий состоит в распределении общих заданий, полученных от Госплана СССР, по областям, краям и другим крупным административным единицам применительно к их природным и экономическим условиям. В такой форме общие государственные плановые задания передаются для исполнения в райпланы, в задачи которых входит количественное распределение плановых заданий по отдельным хозяйствам с полным учетом природных и экономических возможностей каждого отдельного совхоза и колхоза. Так как для каждого отдельного конкретного хозяйства государственное плановое задание представляет закон, определяющий минимум продукции данного коллектива производственников, то понятно, что в обсуждении распределения плановых заданий и в организации его выполнения безусловно необходимо участие представителей всех производственных групп данного хозяйства. До последних, т. е. бригад в колхозах, отделений в совхозах, государственное плановое задание должно быть доведено в форме *весовой или поштучной* продукции с указанием *веса и качества*.

Государственные плановые задания по животноводству. Из анализа указаний партии и правительства вытекает ряд оснований, имеющих не только плановое, но и глубокое производственное значение. Прежде всего мы видим совершенно равновеликое значение, которое придается зерновой и животноводческой проблеме. Глубокое принципиальное значение неразрывности заданий в обеих этих областях неоднократно подчеркивалось предыдущим изложением.

Не меньшее значение имеют и те указания, которые заостряют внимание производителей на культуре технических растений. Совершенно очевидно, что развивающиеся все в большем масштабе общественные связи в области торговли и распределения требуют разгрузки транспорта от перевозки объемистых и скоропортящихся продуктов. Это приводит к необходимости снабжения не только личного состава своего хозяйства, но и ближайших центров, промышленных и городских, свежемолочной, кисломолочной и овощной продукцией. Забота о том, чтобы каждая колхозная семья или семья работника совхоза имела свой пользовательный скот, требует также от хозяйства снабжения этого скота зелёной кормовой продукцией.

Удовлетворение всех этих многообразных заданий при введении одного полевого севооборота неосуществимо. Оно категорически требует введения второго севооборота, лугового, или, как его правильнее было бы назвать, кормового, чтобы избежать ошибочного ограничения его территории площадью природных лугов.

Организационное значение кормового севооборота как основной зелёной кормовой базы хозяйства совершенно ясно. Но приходится сталкиваться с моментом экономического порядка. Совершенно очевидно, что в кормовом севообороте, в особенности в его полном развитии, когда он должен будет заменить природные луга и пастбища, многолетние и однолетние травы должны занимать видное место. При этом мы сталкиваемся с тем обстоятельством, что производительность труда в кормовом севообороте должна будет базироваться на самом дешевом продукте сельского хозяйства. Поэтому с очевидной ясностью перед организацией кормовых севооборотов становится тот же вопрос, с которым уже приходилось сталкиваться при организации полевого севооборота, — необходимость *обратить культуру кормовых злаков и бобовых, используемых как укосные и пастбищные угодья, из цели культуры в агротехническое средство*, т. е. сделать их агротехнически необходимой подсобной культурой.

Обращение культуры трав в кормовом севообороте из цели культуры в агротехническое средство. Уже при обсуждении состава полевого севооборота должно было обратить на себя внимание отсутствие в них большинства технических культур, прядильных, масличных, а также и отсутствие овощных пищевых культур. Этот момент определяется тем, что упомянутые группы культур в полевом севообороте не дают максимально высоких урожаев и, кроме того, через весьма короткий срок подвергаются процессу, известному под общим названием «почвоутомление». Известно, например, почвоутомление льняное, капустное, масличное и т. д.

Причина этих явлений заключается в том, что все эти растения принадлежат к группе так называемых требовательных растений, т. е. они требуют гораздо более обеспеченного запаса воды и пищи в почве. Увеличить запас пищи не представляет серьезного затруднения, так как запас этот всегда можно повысить путем удобрения. Другое дело представляет большой и прочный запас воды в почве, создание которого требует чрезвычайно высокой прочности структуры почвы. В полевом севообороте однолетнее пользование полем многолетних трав не может обеспечить тех высоких требований по отношению к прочности структуры почвы, вполне удовлетворительной для растений полевого севооборота, но недостаточной для группы прядильных, масличных и овощных культур.

Требуемая прочность может быть обеспечена только более длительным использованием поля многолетних трав, которые, в свою очередь, потребуют и иного состава смеси; смесь эта должна быть более сложной, чем простая двухчленная смесь полевого севооборота.

Причины высоких требований упомянутых выше групп растений к большому и прочному запасу воды в почве состоят в том, что семена всех этих растений содержат как значительные количества жиров, так и значительные количества белков.



Р и с. 198. Типы пастбищ на травяных полях кормового (прифермского) севооборота в США: I—выпас крупного рогатого скота на американском клевере.



Р и с. 198. II. Пастьба свиней по люцерне.

Мы хорошо знаем, что семена всех прядильных растений: льна, конопли, хлопка и т. д., представляют одновременно и масличные семена, а жмых этих семян представляет один из наиболее концентрированных азотистых кормов. То же самое касается и масличных растений, семена которых идут специально для получения масла, и жмых всех этих растений представляется также концентрированным кормом. И если жмыхи некоторых масличных: горчицы, рапса, клещевины,



Рис. 198. III. Пастьба овец по соевой смеси.

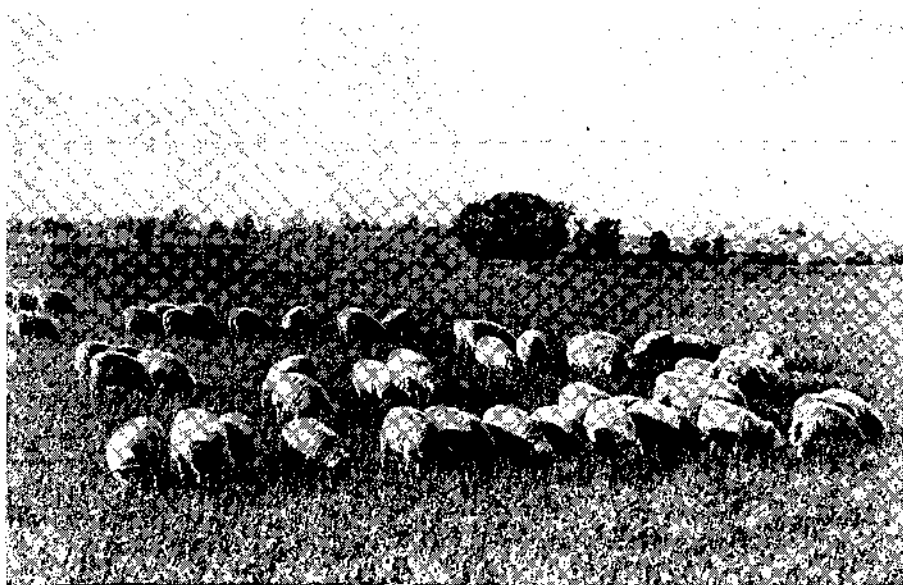


Рис. 198. IV. Пастьба овец по люцерне.

не употребляются как кормовое средство, то только ввиду значительного содержания в них вредных или ядовитых веществ, которые также относятся к азотистым веществам.

Характер растений полевого периода кормового севооборота. Очевидно, что для того, чтобы произвести работу уплотнения частицы первичных углеводов

в жиры и для поддержания усиленной работы лейкопластов при выработке белковых и вообще азотистых веществ, потребуется значительная работа как хлоропласта, так и лейкопласта. Эта усиленная работа потребует и усиленного охлаждения рабочей поверхности, что и вызывает так называемую требовательность этих растений к воде.

Что касается овощных культур, то они ценятся тем выше, чем больше в них азотистых веществ.

Кроме всего вышесказанного, все эти растения подвергаются нападению так называемых почвенных вредителей. Все вредители-грибы разделяются на воздушные, зимующие органы которых проводят зимний период на надземных частях растений-хозяев или иных растений; другая группа, в отличие от них, грибы почвенные, зимующие органы которых пребывают в почве. Кроме этих моментов, замечается еще и другое явление, которое ярче всего проявляется на тех же группах растений. Бактериальная жизнь почвы под ними прогрессивно ослабевает, и в особенно резкой степени это сказывается на нитрифицирующей способности почвы. Этот момент стоит в противоречии с высокими требованиями разбираемых растений к элементам пищи.

Исследования Ротамстедской станции, преимущественно проф. Расселя, с несомненностью подтвердили тот факт, что под влиянием культуры этих растений в сильной степени возрастает микрофауна почвы: амебы, инфузории, жгутиковые и другие простейшие. Вся микрофауна питается микрофлорой почвы, и под влиянием этих антагонистов количество полезных бактерий в почве резко падает, что и вызывает сильное понижение микробиологической деятельности почвы.

Все перечисленные вредители принадлежат к аэробным организмам, а также и зимующие органы их, очевидно, требуют аэробных условий.

Сельское хозяйство давно уже искало способы борьбы с этими процессами, сущность которых, однако, была вскрыта совсем недавно и с которыми особенно часто приходилось сталкиваться при развитии культуры закрытого грунта. Все меры борьбы, применявшиеся до сих пор, сводятся или к стерилизации почвы, или к дезинфекции почвы, или к перемене самой почвы. В последнее время на борьбу с этими процессами выдвинута была и селекция растений. Что касается стерилизации, или дезинфекции, почвы, то она не без успеха применяется при культуре закрытого грунта, хотя, в конце концов, и в этих случаях приходится полностью заменять почву свежей, причем свежая почва, как правило, берется с луговых угодий, лучше всего с заливных лугов. При культуре в открытом грунте до последнего времени были распространены приемы обжигания почвы. Прием этот состоял в том, что поздней осенью, когда почва была совершенно мокрая, ее при помощи специальных орудий (луцильника и скарификатора) разрезали на плоские кирпичи 5—10 см толщиной. Эти кирпичи ставились на ребро, и ранней весной, под влиянием тепла и ветра, почвенные кирпичи просыхали. Ими обкладывались кучи или гряды хвороста или соломы, за зиму навезенные на поле, и горючий материал зажигался. Регуляция горения производилась посредством прикрытых теми же кирпичами отверстий в потолке куч или гряд. После остывания кирпичей они дробились чем попало, и поле разравнивалось бороной. После такого обжига почвы, который применялся в Бельгии, Ирландии, Шотландии и в северных областях Европейской России, обожженная почва давала в течение 4—5 лет безукоризненные урожаи льна.

Такой прием, несомненно, кустарный и вместе с тем требующий применения огромного труда для своего осуществления, мог применяться только при индивидуальном землевладении. Но само собой понятно, что при обобществленном землепользовании и на обширных совхозных или колхозных полях такой прием, конечно, неприменим.

Многолетние травы как дезинфектор почвы. Что касается дезинфекции почвы, то для ее осуществления при культуре закрытого грунта применяются хлорпикрин, сероуглерод и синильная кислота. Неприменимость этого приема в условиях открытого грунта на совхозных и колхозных полях тоже совершенно очевидна. Все эти применяющиеся вещества чрезвычайно ядовиты или очень огнеопасны.

Последние 10—15 лет были попытки, преимущественно в Соединенных Штатах Америки, вывести расы льна (наиболее поражаемого растения), иммунные к главным вредителям. Весьма понятно, что размножение выведенных иммунных сортов требовало не только лабораторной работы, но и работы в поле. И в это время вредитель, который в лабораторных условиях не мог поражать данную иммунную расу, успевал на поле приспособиться к новой иммунной расе, чем сводил на-нет всю трудную работу селекционеров.

Кроме того, оказалось совершенно недостижимым вывести одну расу, иммунную против свыше 20 видов вредителей, что имеет место в случае со льном. Таким образом все эти приемы оказываются неприменимыми в большой практике.

В Ирландии натолкнулись на такого рода прием. Из широкой практики выяснилось, что после пятилетнего занятия поля многолетней травой почва совершенно освобождается от своего «утомления». Урожай льна после пятилетней травы может беспрепятственно следовать до 3—4 раз один за другим, конечно, при соответствующем удобрении, не показывая никаких признаков льноутомления почв. Исследования Расселя показали, что после трехлетней культуры многолетних трав в почве совершенно исчезает ее микрофауна и начинается усиленное развитие полезной микрофлоры. Этот момент освещает также и прием так называемой частичной стерилизации, или дезинфекции, почвы, после которой отмечается значительный подъем урожайности почвы.

Действие многолетних трав на освобождение почвы от вредителей и микрофауны объясняется чрезвычайно просто. Все эти вредные микроорганизмы, равно как и их зимующие стадии, принадлежат к аэробам, и совершенно очевидно, что длительное пребывание их в условиях анаэробнозиса приводит к их уничтожению, совершенно так же, как зерна хлебных злаков, заключенные в банку с притертой пробкой, быстро приходят к отмиранию.

Таким образом ясно, что введение в кормовой севооборот таких ценных растений, как прядильные, масличные или овощные, обращает многолетние травы, даже при многолетнем их использовании, из цели культуры в агротехническое средство. И занятие ими в течение 4—5 лет поля совершенно оправдывается высокими устойчивыми урожаями технических и овощных растений. И животноводство получает безусловно необходимую ему зелёную кормовую базу только по стоимости перевозки продукта, что имеет, несомненно, огромное значение в повышении производительности труда в растениеводстве и в снижении стоимости самой продукции животноводства.

Введение в каждом колхозе или совхозе двух севооборотов, полевого и кормового, представляет, повидимому, при настоящих условиях единственное средство удовлетворить сложным государственным плановым заданиям во всей их полноте. При этом нужно твердо запомнить, что границы господства каждого севооборота не представляются жесткими и могут и должны, при соблюдении правильного чередования культур во времени, смещаться по территории как в сторону полевого севооборота для расширения площади кормового севооборота, так и в сторону кормового севооборота для расширения площади полевого севооборота в зависимости от государственного планового задания, данного хозяйству (колхозу или совхозу). Здесь безусловно не может быть никакого произвола: тот севооборот верен, то хозяйство правильно специализируется, которое полностью обеспечивает выполнение государственных плановых заданий в их перспективном аспекте.

РЕГУЛЯЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Реакция кислой алюмосиликатной морены. — Процесс выщелачивания из почвы углекислой извести. — Увеличение актуальной кислотности почвы. — Азотное, фосфорное и серное голодание растений при кислой реакции почвы. — Образование «растворимого» перегноя. — Катионы железа и алюминия и «ретроградация фосфорной кислоты». — Известкование, мергелевание и фосфоритование не суть «мелиорации» или «коренные» улучшения почвы. — Кустарное освоение малопроцентных фосфоритов. — Техника известкования в травопольных и паровых севооборотах. — Реакция карбонатной морены. — Нитрификация как процесс, поддерживающий присутствие карбоната кальция в верхнем горизонте почв степного периода. — Бикарбонат натрия в почвах степного периода. — Гипсовый горизонт почв степного периода. — Борьба с щелочной реакцией почвы. — «Кислование» щелочных почв. — Необходимость придания почвам степного, переходного и особенно луговостепного периодов прочного структурного состояния. — Одновременное гипсование и посев смеси многолетних трав на солонцах. — Узконоло- сый житняк и желтая люцерна. — Микрофауна солонцов. — Навоз как удобрение микро- флоры и ее носитель. — Одновременное внесение навоза и минеральных удобрений. — Анаэробный навоз. — Навозная жижа. — Подстилка. — Торф. — Компост. — Главное удобрение перед травяным полем. — Калийное удобрение.

В настоящей главе не будет рассматриваться система удобрения растений, как составляющая предмет отдельного курса. Тем не менее необходимо не упускать из виду безусловную недопустимость резкого разграничения функций всех мероприятий, применяемых во всем сложном комплексе агротехнических мероприятий. Нужно помнить, что *минеральное удобрение может проявить полную эффективность только на фоне полного бесперебойного снабжения растений водой, т. е. на структурной почве*. В свою очередь, полное использование притока космических факторов жизни растений возможно только при условии полного удовлетворения потребности растений в воде и свете и полного отсутствия всех моментов, отрицательно влияющих на развитие растений. К таким моментам принадлежат *реакция почвы и условия беспрепятственного биохимизма почвы*, т. е. условия бесперебойной работы полезных микроорганизмов и подавления деятельности вредной микрофауны почвы.

Необходимо также помнить, что всякое прямое воздействие на почву представляется только преобладающим в этом направлении и одновременно вызывает ряд косвенных воздействий на все другие элементы жизни растений. Эти косвенные влияния в отдельных случаях могут достигать такой величины, что совершенно погасят влияние приема, их вызвавшего.

Что касается химических условий плодородия почвы, то они касаются главным образом регуляции реакции почвы, регуляции состава микрофлоры и микрофауны почвы и в незначительной мере коснутся тех изменений в порядке применения удобрений, которые вызываются травопольной системой земледелия.

Реакция кислой алюмосиликатной морены. Важнейший момент, слагающий химические условия плодородия почвы, определяется требованием культурных растений определенной *слабокислой* реакции почвы. Это требование в природных условиях беспрерывно стремится быть нарушенным. Нарушение может идти в двух противоположных направлениях в зависимости от характера рухляка, на котором образовалась почва. В грубых общих чертах почвообразующие породы северной половины территории СССР представляют кислую *алюмосиликатную морену*. В южной части территории СССР преобладает *карбонатная морена* и в восточной части — *пермская морена*.

Процесс выщелачивания из почвы углекислой извести. Алюмосиликатная морена не содержит свободной углекислой извести (не считая небольшой примеси

известняков, местами в ней встречающихся), но в процессе выветривания образуется небольшое ее количество (доли 1—2%) из кальция, входящего в состав алюмосиликатов и силикатов. Наоборот, карбонатная и пермская морены при выветривании известняков сохраняют значительное количество углекислой извести (до 10—20%), образуя так называемый лёсс и лёссовидные породы.

В почвах северного типа преимущественно осенью устанавливается ток неволосной воды, промывающий толщу почвы на большую глубину. Этот ток воды легко вымывает углекислую известь или до уровня почвенной воды и глубже или сосредоточивает ее на некоторой глубине. Господствующее в течение зимы сгущение в верхних холодных слоях почвы водяного пара, перегоняющегося из глубоких горизонтов почвообразующей породы, попятно, не может возратить в верхний слой почвы вымытой из него углекислой извести. Но и весенний, и летний восходящие волосные токи воды также не могут возратить в почву вымытую из нее углекислую известь.

Последний процесс станет ясным, если вспомнить, что углекислая известь или карбонат в чистой воде практически *нерастворимы*. Карбонат растворим в *природной* воде, всегда содержащей в растворе *углекислоту*. В такой воде углекислая известь образует кислую соль, *бикарбонат*. Растворимость бикарбоната извести приблизительно в *сто раз больше* растворимости ее карбоната. Ясно, что чем больше в воде растворено углекислоты, тем больше образуется из карбоната извести ее бикарбоната, и тем легче она вымывается. Растворимость углекислоты в воде, как и всякого газа, обратно пропорциональна температуре воды. Чем холоднее вода, тем больше в ней растворено углекислоты, и тем больше она может растворить углекислой извести.

Природная дождевая вода, содержащая растворенную углекислоту, по мере проникновения глубокой осенью и ранней весной в почву встречает все более и более холодные слои почвы и сама охлаждается. По мере охлаждения воды она растворяет все возрастающее количество углекислоты из почвенного воздуха. Очевидно, что в таких условиях вода по мере углубления будет переводить все возрастающее количество углекислой извести в бикарбонат и растворять его. *Поэтому углекислая известь легко выщелачивается водой из почвы в течение осеннего и весеннего периода.*

При наступлении *теплого* времени, т. е. поздней весной и летом, во время вегетационного периода преобладает *восходящий* ток волосной воды в почве. Весной он вызывается преобладанием испарения непосредственно поверхностью почвы. Летом преобладает испарение воды зеленой поверхностью растений, вызывающее восходящий ток волосной воды из глубоких слоев почвообразующей породы к горизонту распространения корней.

Восходящий ток волосной воды, поступаая из более холодных слоев почвы во все более нагретые слои, непрерывно нагревается. При нагревании волосная вода восходящего тока все время выделяет в почвенный воздух растворенную в ней углекислоту, и соответствующее выделенной углекислоте количество *бикарбоната извести переходит в углекислую известь*. Нерастворимая в воде углекислая известь оседает в почве и, следовательно, *не может передвигаться вверх с восходящим током воды* во время вегетационного периода.

Под влиянием комбинации этих двух процессов, повторяющихся из года в год, *углекислая известь в непродолжительное время совершенно вымывается из почвы, образовавшейся на алюмосиликатной морене*. Этот процесс обеднения почвы углекислой известью происходит безотносительно к тому, какая почва обособилась в порядке почвообразовательного процесса на алюмосиликатной морене. Оно наступает в равной мере и на дерново-подзолистых почвах, и на серых лесных землях, на северных черноземах и светлых почвах Средней Азии и даже на почвах латеритных, обособляющихся на щелочной и ультращелочной алюмосиликатной морене Закавказья. Время его наступления определяется главным образом первоначальным содержанием углекислой извести в алюмосиликатной морене, на которой обособились эти почвы.

Увеличение актуальной кислотности почвы. По мере уменьшения содержания углекислой извести в почве в ней начинают накапливаться свободные кислоты. Эти свободные кислоты непрерывно образуются в почве при протекающих в ней биохимических процессах. Они в форме перегнойных кислот выделяются аэробными и анаэробными бактериями при разложении органических остатков и перегноя. И так как они от различных причин денатурируются, переходя в нерастворимое в воде состояние, то служат одной из причин частых колебаний рН. Они образуются в виде азотистой и азотной кислот при распаде азотистых органических остатков. Серная кислота образуется при распаде белков. При распаде белков и углеводов образуется фосфорная кислота. При анаэробном распаде органических остатков образуется ряд органических кислот: масляная, изомасляная, молочная, лимонная, валериановая и многие другие. Пока в почве содержалась углекислая известь, свободные кислоты вытесняли из нее угольную кислоту, образуя соответствующие нейтральные соли кальция, и этим поддерживалась слабощелочная реакция почвы, к которой путем многовекового природного подбора приспособились все наши культурные растения. Как только углекислая известь оказывалась выщелоченной из почвы, в ней начинают накапливаться свободные слабые и сильные кислоты. В почве начинает возрастать актуальная кислотность.

Кроме того, накопление свободных кислот сильнее всего изменяет химический и биохимический режим почвы.

Накопление свободных кислот в почве подавляющим образом влияет на деятельность *всех микроорганизмов почвы*. Это зависит от того, что свободные перегнойные кислоты представляют секреторные выделения микроорганизмов (их экзoenзимы), посредством которых эти организмы влияют на разрушение нерастворимых в воде органических остатков. Что касается остальных кислот, как сильных, так и слабых, то они представляют продукты обмена веществ различных групп почвенных микроорганизмов. Обе группы этих веществ, секреторные выделения и продукты обмена веществ, представляют в свободном состоянии яды по отношению к той группе организмов, которая их выделила. Поэтому по мере их накопления и, следовательно, по мере увеличения актуальной кислотности почвы (так как все эти вещества — кислоты) прогрессивно угнетается деятельность микроорганизмов почвы.

Азотное, фосфорное и серное голодание растений при кислой реакции почвы. В результате начинается накопление в почве органических остатков, и растения начинают испытывать азотный, серный и фосфорный голод, несмотря на избыток этих элементов в почве. Удобрения на таких почвах оказывают очень непродолжительное действие, и последствие их прекращается. После внесения они быстро входят в состав урожая и органического вещества тел микроорганизмов и остаются в форме неразлагающегося, неусвояемого зелеными растениями органического вещества.

Образование «растворимого» перегноя. Сильные кислоты, азотная, серная, фосфорная, выделяются при разложении органических остатков в форме растворов их кальциевых солей очень малой концентрации. Поэтому они находятся в почве в состоянии значительной электролитической диссоциации. Катион кальция этих солей беспрерывно вытесняет катион аммония, поглощаемый перегноем из атмосферных осадков, и в почве после нитрификации аммония остаются свободные сильные кислоты. Свободные катионы водорода диссоциированных сильных кислот вытесняют катионы кальция из аморфного перегноя и в значительной мере повышают его дисперсность. Одновременно этот процесс повышает обменную кислотность почвы и ее ненасыщенность. Вытесненный катион кальция в виде азотнокислого, сернокислого и фосфорнокислого кальция или вымывается из почвы, или, в случае поглощения анионов этих солей корнями растений или микроорганизмами почвы, образует углекислую известь, также вымываемую из почвы.

Катионы железа и алюминия и «ретроградация фосфорной кислоты». Другая часть свободных сильных кислот нейтрализуется за отсутствием углекислой

известни свободной окисью железа, всегда изобилующей во всякой почве, или, реже, свободной окисью алюминия, часто присутствующей в черноземах и изобилующей в так называемых желтоземах и латеритах. При этом процессе могут образоваться три рода солей. Из образующихся нитратов анион азотной кислоты быстро усваивается биологическими элементами почвы. Освобождающийся при этом катион трехвалентного железа, повидимому, вновь входит в состав гидрата окиси железа.

В случае освобождения катиона алюминия он непосредственно поглощается перегноем, усиливая обменную кислотность почвы и придавая ей чрезвычайную упорность вследствие большой трудности вытеснения алюминия из поглощенного состояния. Наконец, в случае нейтрализации окисями железа и алюминия аниона фосфорной кислоты последняя переходит в формы совершенно неусвояемых зелеными растениями фосфорножелезной и фосфорноалюминиевой солей. Этот процесс известен под названием «ретроградации фосфорной кислоты» в почве.

Известкование, мергелевание и фосфоритование не суть «мелиорации» или «коренные» улучшения почвы. Борьба со всеми описанными процессами осуществляется при помощи искусственного внесения в почвы кальция в форме молотого известняка, углекислой извести, или в форме «пушонки» гидрата окиси кальция, или в форме «мергеля», сложной природной карбонатной породы, часто встречающейся в области притеррасной поймы рек и в озерной пойме. Эти приемы объединяются одним общим понятием — *известкование почвы*. *Известкование не представляет коренного улучшения или мелиорации.*

Из вышеизложенного разбора процесса неизбежного наступления недостатка углекислой извести в почве и его последствий с очевидностью вытекает вывод, что известкование ни в каком случае нельзя рассматривать как *коренное улучшение* или *мелиорацию почвы*. Этот вывод вытекает из сопоставления двух моментов. Прежде всего мы видим, что углекислая известь легко выщелачивается из почвы дождями. Следовательно, для того чтобы придать известкованию характер мелиорации, мы были бы принуждены внести в почву значительное количество извести. Производственная неэкономичность такого приема «мелиорации» не подлежит сомнению, потому что это значило бы тратить народные средства на поощрение совершенно бесполезного процесса выщелачивания углекислотной соли из почвы. Но на этом моменте приходится остановиться, потому что в литературе встречаются указания на применение больших доз извести для известкования.

Подобные же указания делаются относительно применения сырого фосфорита в форме фосфоритной муки (фосфоритование почвы). Предпосылками для фосфоритования служат: 1) нерастворимость фосфорита в воде, 2) переход его в растворимое состояние на «кислых почвах» и 3) усвоение фосфорной кислоты из фосфорита некоторыми растениями. Разбор этих предпосылок приводит к четким производственным выводам. Усвоение фосфорной кислоты фосфорита только некоторыми растениями определяет собой недостаточно интенсивное его использование в течение севооборота. Во время присутствия на поле растений, для которых фосфорит бесполезен, он в лучшем случае будет играть роль мертвой затраты. Усвояемость фосфорита на кислых почвах скоро будет анахронизмом вследствие широкого введения известкования. Нерастворимость фосфорита в воде справедлива только относительно дистиллированной воды. В природной почвенной воде фосфорит заметно растворим, и при внесении в почву больших его количеств фосфориту грозит та же участь, как и большим дозам извести. Такой способ применения фосфоритной муки представляет кустарный способ разрешения вопроса использования фосфоритов, недостаточно богатых для промышленной переработки, или использования месторождений, не заслуживающих промышленной разработки.

Кустарное освоение малопроцентных фосфоритов. Повидимому, кустарные приемы использования многих залежей фосфоритов СССР при настоящем развитии техники еще неизбежны, но перевозка малопроцентной фосфоритной муки

мне представляется мало рациональной. Весь вопрос должен быть пересмотрен с точки зрения *кустарной* переработки фосфоритов промышленно малопродуктивных залежей *на месте, для местного потребления*. Теоретически эти способы уже разработаны. Второй момент, категорически противящийся превращению известкования в категорию мелiorации, тот, что *культурные растения гораздо чувствительнее к щелочной реакции почвы, чем к кислой реакции*. Между тем при внесении больших доз извести мы неизбежно создаем щелочную реакцию, результатом чего всегда будет значительное снижение урожая.

То же самое касается и фосфоритования, так как внесение больших доз фосфоритной муки прекращает ее разложение в почве в условиях создающейся щелочной реакции и этим уничтожает ее влияние как удобрения.

Техника известкования в травопольных и паровых севооборотах. Указанное свойство однолетних культурных растений, *требование ими слабокислой реакции почвы*, представляет причину того, что урожай их часто снижается при внесении извести непосредственно под них. Вследствие медленности распределения бикарбоната кальция по пахотному слою в нем создаются вокруг каждой крупинки внесенной извести центры щелочной реакции, а между ними — почва с кислой реакцией, что и приводит к общему снижению урожайности. Только на следующий год после внесения извести она оказывает свое полное положительное влияние. Поэтому в Западной Европе уже давно выработался прием *вносить известь только непосредственно в поле многолетних трав*. Развитие трав от этого не только не страдает, но, наоборот, улучшается.

В случае необходимости (в паровых севооборотах) внесения извести под однолетние растения известь вносится по возможности задолго до их посева: под яровые — с осени предшествующего года, под озимые — осенью, предшествующей паровому полю. В случае присутствия в севообороте *льна или картофеля* известкование никогда не производится под эти растения, а по возможности дальше от них. Люпины никогда не известкуются.

По той же причине распределение извести по полю производится по возможности равномерно. Лучше всего при известковании применять туковую сеялку. Если известкование производится в поле многолетних трав, то вся операция оканчивается рассеиванием извести после удаления прошлогоднего жнивья *конными граблями*. В случае известкования поля, свободного от растений, рассеянная известь мелко запахивается отвальным орудием, и поле боронуется поперек борозд отвального орудия. Действие извести продолжается от 6 до 9 лет, после такого срока *известкование должно быть повторено в полном размере*. Это окончательно лишает возможности рассматривать известкование как мелiorацию, и оно должно быть признано *периодическим агрохимическим мероприятием, повторяющимся в течение каждой ротации севооборота*. До сих пор еще агрохимики не удалось выработать точных методов определения норм внесения извести. На практике чаще всего вносится от 2 до 3 т на гектар.

Реакция карбонатной морены. Постоянное присутствие в почвах степного периода, особенно при наличии карбонатной морены, воднорастворимого бикарбоната извести определяет присущую этим почвам *постоянную щелочную реакцию*.

Нитрификация как процесс, поддерживающий присутствие карбоната кальция в верхнем горизонте почвы степного периода. Протекающий в этот период аэробный процесс также непрерывно поддерживает щелочную реакцию почвы. Образаемая аэробными бактериями *гуминовая кислота* на месте своего образования нейтрализуется свободным аммиаком, обязательным продуктом обмена веществ при аэробном разложении *природных* растительных остатков. При дальнейшем разрушении образовавшейся *гуминовоаммиачной* соли образуется свободная азотная кислота (при промежуточном образовании азотистой кислоты) и освобождается гуминовая кислота. При выделении из своих солей гуминовая кислота всегда выпадает в абсолютно нерастворимой форме коллоидального гумина. Гумин совершенно безвреден для бактерий и немедленно разрушается ими с выделением свободной азотной кислоты.

Выделяющиеся при аэриозисе свободные азотистая и азотная кислоты немедленно усредняются карбонатом извести, выделяющимся из растительных остатков при том же разложении, образуя нитрат и нитрит кальция, быстро переходящий в нитрат. При усвоении азотной кислоты нитрата кальция высшей и низшей растительностью освобождается катион кальция, немедленно усредняемый углекислотой почвенного воздуха и переходящий в бикарбонат извести.

Таким образом аэробный процесс поддерживает присутствие бикарбоната извести в верхних слоях почвы, а следовательно, и щелочную реакцию.

Бикарбонат натра в почвах степного периода. Кроме бикарбоната извести, в почвах степного периода образуется и *бикарбонат натра*. Бикарбонат натра не только обладает щелочной реакцией, но и ядовит, даже в небольших дозах, для зеленых растений.

Из предыдущего разбора солевого режима почвы степного периода следует, что, кроме некоторого количества бикарбоната извести, в почве остаются сульфаты и хлориды щелочных металлов и сернокислый кальций. Остальные соли присутствуют в очень незначительных количествах. В присутствии в растворе бикарбоната извести между ним и раствором сернокислого натрия происходит реакция обмена основаниями с образованием бикарбоната натра и гипса. Пока не нарушено весовое отношение реагирующих солей, эта реакция усредняется такой же реакцией между бикарбонатом натра и гипсом, дающей бикарбонат кальция и сернокислый натрий.

Гипсовый горизонт почв степного периода. Зимой происходят перегонка воды в виде пара из нижних горизонтов почвы и сгущение водяного пара в лед в верхних горизонтах почвы, таким образом, концентрация растворов солей в нижних слоях почвы непрерывно растет в течение всего холодного времени года. Образующийся при реакции обмена гипс мало растворим в воде. Поэтому значительная часть гипса, как вновь образующегося в слое почвы, испускаемом перегонкой водяного пара, так и принесенного сверху нисходящим током воды, откладывается в виде порошка, кристаллов или друз в этом испускаемом слое. Так образуется *гипсовый горизонт*, типичный для почвы степного периода.

Отложение гипса в глубоких слоях почвообразующей породы и прогрессирующий рост его кристаллов нарушают весовые отношения между ним и бикарбонатом натра. Вследствие этого некоторое количество бикарбоната натра исключается из реакции обмена. Восходящим током волосной воды бикарбонат натра выносится в поверхностные слои почвы.

Из предыдущего разбора следует, что щелочная реакция почвы обязана своим существованием присутствию в почве степного периода двух соединений, бикарбоната натра и бикарбоната извести (далее мы найдем и третье соединение).

Борьба с щелочной реакцией почвы. Щелочную реакцию почвы, так же как и кислую, нельзя рассматривать как неподвижное явление. К нему надлежит относиться как к процессу, неизбежному в данный период исторического процесса почвообразования. Очевидно, что все меры борьбы с этим процессом должны быть расчленены на: 1) приведение реакции корнеобитаемого слоя почвы к нормальной (слабокислой) реакции, требуемой корневой системой культурных растений, и 2) предупреждение быстрого повторения процесса наступления щелочной реакции.

«Кислование» щелочных почв. Первая задача сводится к сравнительно простой операции нейтрализации бикарбоната натра и бикарбоната извести. Первая соль, наиболее вредная из двух, отличается большой подвижностью. Она легко выщелачивается осенним волосным нисходящим током воды. Но она вновь образуется зимой в глубоких слоях гипсового горизонта и вновь возвращается с летним восходящим волосным током воды. Простая борьба с этой солью основана на нейтрализации ее *серной кислотой* или внесением порошка *серы* (серного цвета), которая в почве биологически окисляется в серную кислоту, или внесением физиологически-кислой *серноаммиачной соли*, из которой после биологического превра-

щения и усвоения аммиака освобождается анион серной кислоты. Даже оставляя в стороне острую дефицитность предлагаемых средств, мы становимся перед фактом одновременного присутствия в почве бикарбоната извести, который также усреднит все применяемые остродефицитные средства. Кроме того, содержание карбоната и бикарбоната в почве будет незамедлительно восстановлено из гипсового горизонта и из неисчерпаемого запаса углекислой извести в горизонте вскипания.

Необходимость придачи почвам степного, переходного и особенно лугового степного периодов прочного структурного состояния. Совершенно очевидно, что успешная борьба с щелочной реакцией почвы осуществима только при условии полного разрыва волосного сообщения пахотного горизонта с горизонтом подстилающей почвообразующей породы. Особенно резко правота этого положения сказывается на солонцеватых почвах переходной и степной зон и на солонцах.

Типичное свойство солонцов, имеющее огромное производственное значение, — их чрезвычайно большая *вязкость*, вследствие которой обработка их в сухом состоянии обычными орудиями и двигателями неосуществима. Во влажном состоянии они липки, пластичны и при обработке отваливаются безобразными глыбами, быстро твердеющими, как чугун.

Лишить перегной солонцов его способности образовывать коллоидальный раствор можно только, заменив поглощенный им катион натрия катионом кальция. Для этой цели применимы только соли кальция с *сильными* кислотами. Практически мы в настоящее время для этой цели имеем в своем распоряжении только гипс.

Но если ограничиться одним гипсованием, мы получим в почве сернокислый натрий, который при переменных нисходящем и восходящем волосных токах воды в почве опять очень быстро возвратит все к прежнему состоянию.

Единственный путь успешной мелиорации солонцов — это сплошной по всей поверхности почвы разрыв волосного сообщения пахотного горизонта с почвообразующей породой.

Очевидно, что этого можно достигнуть, *придав пахотному горизонту прочную комковатую структуру*. При такой структуре нисходящий ток капельно-жидкой воды будет промывать все вредные соли в почвообразующую породу. Но возвратиться в пахотный горизонт как эти вредные соли, так и продукты их взаимодействия уже не могут вследствие перерыва волосного сообщения между этими горизонтами. Осуществление придачи почве степного периода в состоянии солонцеватости комковатой структуры посредством механической обработки недостижимо по трем причинам: 1) механической обработкой бесструктурную почву удастся превратить только в *глыбы*, или в *порошок*, или в *смесь* их, но нельзя получить комков, потому что такая почва не *крошится*; 2) получаемая структура не обладает прочностью, т. е. расплывается в грязь от первого прикосновения воды; 3) механическая обработка бесструктурной солонцевой почвы требует огромной затраты энергии и неизбежно связана с поломкой как почвообрабатывающего инвентаря, так и двигателей.

Одновременное гипсование и посев смеси многолетних трав на солонцах. Достижение прочной комковатой структуры солонцевых почв при настоящем состоянии наших знаний и агротехнических средств достижимо только *одновременным* применением гипсования (агрохимического воздействия) и *посева смеси многолетних злаковых и бобовых трав* (агротехнического воздействия).

Действие гипса было разобрано выше. Многолетние травы развитием своей корневой системы разобьют всю массу бесструктурной почвы на комки и оплетут *каждый* комок корнями. При ежегодном анаэробном разложении *всей* корневой системы *многолетних злаков и части* корней *многолетних бобовых* *каждый* комок почвы будет пропитан *прочным* перегноем, и вся почва солонца через 3—4 года приобретает прочную комковатую структуру. Смесь многолетних трав, как это уже было разобрано выше, должна состоять из желтой или гибридной люцерны

и для солонцов — узкоколосого житняка. Гипс необходимо вносить одновременно с высевом смеси трав. Солонцы остаются под травами в течение нескольких лет (от 3 до 5). Полезно также гипсование сочетать с внесением навоза на солонцах и солонцеватых почвах.

Узкоколосый житняк и желтая люцерна. После того как солонец улучшен, он используется под травопольным севооборотом, в травяном поле которого узкоколосый житняк, как дающий ничтожные укусы, заменяется ширококолосым житняком. *Узкоколосый житняк имеет значение только для первоначального улучшения солонцов.*

Микрофауна солонцов. Кроме кислой и щелочной среды, очень важный элемент регуляции химических условий плодородия — внесение в почву органических удобрений. Значение внесения органических удобрений, навоза и т. п., двойное. Под влиянием культуры однолетних растений усиленно развивается микрофауна почвы: амебы, коловратки, жгутиковые и другие так называемые простейшие.

Вся эта микрофауна питается исключительно бактериями. Поэтому к конпу ротации в почве сильно преобладает микрофауна и сильнеешим образом угнетается микрофлора. Борьба с развитием микрофауны осуществляется в травяном поле созданием анаэробных условий. Но вместе с тем необходимо внести в почву новые количества спор микрофлоры. Это и достигается внесением навоза и других органических удобрений.

Навоз как удобрение микрофлоры и ее носитель. Но кроме того, есть и еще один момент, который в Западной Европе уже завоевал подобающее ему место. Необходимо всякое внесение минеральных удобрений производить одновременно с полным навозным удобрением. Причина этого требования заключается в следующем. Необходимо помнить, что вся микрофлора почвы представлена организмами гетеротрофными. При внесении одних минеральных удобрений микрофлора почвы усиленно потребляет эти удобрения и, как гетеротрофная, для усвоения элементов пищи усиленно разрушает перегнойные вещества почвы, что отзывывается на быстрой потере прочности структуры почвы. Кроме того, огромная доля внесенных минеральных элементов пищи переводится в органические формы живой микрофлоры, которая при быстром размножении передает эти элементы из поколения в поколение. Таким образом большая часть элементов пищи в минеральных удобрениях изымается из распоряжения зеленых растений.

Одновременное внесение навоза и минеральных удобрений. При внесении минеральных удобрений вместе с органическими удобрениями микрофлора получает органические вещества и как источник энергии, и как источник пищи, и вся доза минеральных удобрений остается в распоряжении зеленых растений, которые вместе с тем пользуются и элементами пищи, освобождающимися после разложения как навоза, так и тел самих бактерий.

Этим приемом одновременного внесения минеральных и органических удобрений достигается максимальная эффективность удобрений, конечно, если почва структурна и в ней налицо соответствующая реакция.

Анаэробный навоз. До господства травопольной системы к навозу предъявлялось требование создавать в почве и запас перегноя, почему старались вносить по возможности большую массу неперепревшего органического вещества. Немецкая агрохимия даже рекомендовала сохранение навоза в неразложившемся состоянии в навозохранилище путем внесения больших доз хлористого натрия. Вредное влияние натрия на структуру почвы очень скоро заставило изменить этот рецепт, предлагалось консервировать навоз внесением столь же больших доз калийных солей. При этом внесение в почву большой массы неперепревшей соломы вызывало такую яркую картину денитрификации, что очень скоро заставляло перейти к внесению навоза в полуперепревшем состоянии. В таком состоянии навоз становился «коротким», т. е. при попытке выдернуть из гноища соломинку она очень легко обрывалась.

Как только у нас травопольная система сменит паровую и задача восстановления прочности не только перейдет к травяному полю, но и быстро и в благоприят-

ном смысле решится этой системой, так тотчас изменится и отношение к навозу. Значение навоза как источника органического вещества отойдет на задний план, и сразу выступит значение навоза как одного из лучших минеральных и азотных удобрений. Тотчас же станет применяться навоз вполне перепревший, и изменится и способ приготовления навоза, он всюду будет заменен аэробным.

Аэробный способ приготовления навоза производится исключительно вне помещения для скота, на специальных гноищах, которые могут иметь форму или платформы, или ямы. Существенный элемент аэробного гноища — насос для навозной жижи. Единственная пригодная система насосов для навозной жижи — система четочных или цепных насосов и система норий; все другие системы решительно не пригодны.

Платформа или яма имеют дно с уклоном к какой-нибудь определенной нижней точке, под которой расположен колодец для стока навозной жижи. В колодце устанавливается насос для жижи. По мере аэробного разложения навоза в колодце накапливается навозная жижа. Состав жижи и очень изменчив, и очень сложен, и до сих пор еще не изучен детально. Она состоит частью из жидких экскрементов, переносимых с подстилкой и проводимых непосредственно со скотного двора, частью из воды, которая образуется при аэробном распаде органического вещества подстилки и экскрементов. Вода, образующаяся при разложении органических веществ, растворяет все образующиеся при том же разложении перегнойные и другие растворимые вещества и стекает в виде густой черной жидкости, навозной жижи.

Аэробное разложение навоза достигается и быстрота его регулируется посредством поливки навозной жижей. При этом навоз не смачивается, а поливается, причем все содержимое колодца распределяется равномерно по поверхности кучи. При такой поливке весь содержащийся внутри кучи воздух вытесняется наружу, и по мере того, как жижа из кучи вновь проникает в колодец, в нее поступает наружный воздух. Поливка производится ежедневно, и при необходимости задержать разложение навоза может производиться и реже. Признаком полного аэробизиса служит отсутствие всякого запаха при поливке.

При аэробном хранении навоза различают четыре стадии его разложения:

1) *свежий навоз*, в котором солома сохранила еще свою крепость; водная вытяжка из такого навоза мутна и окрашена в красно-желтый или зеленый цвет;

2) *полуперепревший навоз*, из которого нельзя вытащить соломины, не оборвав ее; водная вытяжка из него черного цвета и густой консистенции; количество полуперепревшего навоза равно 80% свежего по весу; при переходе свежего навоза в состояние полуперепревшего наблюдается сильное повышение температуры (до 70°);

3) *перепревший навоз* представляет черную мажущуюся массу, в которой уже не отличаются отдельные соломины. Водная вытяжка бесцветна после фильтрации; количество перепревшего навоза равно 50% свежего;

4) «*перегной*», или парниковая земля; черная рыхлая землистая масса; водная вытяжка прозрачна и бесцветна; *перегной* отличается чрезвычайной прочностью (неразрываемостью) и применяется в закрытом грунте при ежедневной поливке; количество перегной равно 25% свежего навоза.

Время, которое требует навоз для достижения различных стадий спелости или разложения, зависит от частоты поливок.

Такой способ приготовления навоза распространен до сих пор в мелких крестьянских хозяйствах Западной Европы. В условиях крупного хозяйства он не применим, что и вызвало разработку новых способов приготовления навоза и использования жижи.

Анаэробное хранение навоза достигается хранением его в кучах, как и при аэробном хранении, но без систематической поливки его всем количеством навозной жижи, а лишь с увлажнением его время от времени, чтобы не дать куче высохнуть. Хорошие условия анаэробизиса создаются при хранении навоза под ногами скота. При этих условиях количество навозной жижи получается гораздо меньшее, но этот способ хранения в условиях социалистического хозяй-

ства не применим. В случае хранения в кучах все количество жижи выкачивается на навоз перед его вывозкой, чтобы по возможности все ценное из жижи было задержано навозом. При анаэробном хранении не наблюдаются в чистом виде все стадии разложения, а получается очень сложный комплекс процессов. С поверхности идет разложение аэробное, которое по мере накопления навоза прекращается, и продукты его вместе с оставшейся массой навоза консервируются накопляющейся ульминовой кислотой.

Цель предварительной подготовки навоза состоит в том, чтобы при посредстве аэробного или анаэробного процесса по возможности уменьшить содержание в навозе клетчатки. В присутствии клетчатки в почве возбуждается ряд процессов, известный под общим названием «денитрификации», при котором не только разрушаются минеральные формы связанного азота почвы, но в них, повидимому, вовлекаются и перегнойные вещества, и при применении для удобрения свежего навоза получаются те же результаты, какие мы видели выше при внесении соломы или кострики.

Вторая цель подготовки навоза — переводение азота экскрементов в более устойчивые формы перегнойных кислот.

Количество навоза, вносимого в поле, зависит от системы земледелия, в которой он применяется. При паровой системе «нормальным» удобрением считается 40 т на гектар полупрепавшего навоза, и это количество может увеличиваться до 80 т, а при исключительных случаях до 120 т на гектар. Только при овощной культуре вносятся еще большие количества, но мне неизвестны случаи внесения больше 800 т на гектар (хмельники и спаржники).

Осторожность, с которой повышают количество навоза при полевой культуре, зависит от содержания в навозе значительного количества азота (в среднем 0,5%), легко переходящего в усвояемую форму и легко создающего условия одностороннего азотного питания, на котором мы останавливались выше.

При травопольной системе земледелия количество навоза, вносимого в паровое поле, понижается до 20 т на гектар перепревшего навоза и иногда доходит до 30 т.

Кроме азота, навоз содержит в среднем 0,2% фосфорной кислоты (P_2O_5) и 0,6% калия (K_2O).

При внесении навоза в почву он должен быть немедленно после раструски запахан в почву. Это требование крайне важно и основано на двух моментах. При долгом лежании растрнутого навоза он, во-первых, теряет все количество азота, бывшее в нем в форме аммиачной соли. Углеаммиачная соль на воздухе диссоциирует на угольную кислоту и аммиак, который немедленно улетучивается.

Но главная причина заключается в следующем. В навозе при его вывозке содержится большое количество перегнойных веществ. Они находятся в нем в состоянии гуминовой и ульминовой кислот и гуминовоаммиачной соли. При высушивании навоза прежде всего окисляется в азотную кислоту аммиак гуминовоаммиачной соли, и гуминовая кислота ее освобождается. При дальнейшем высушивании из перегнойных кислот образуются ульмин и гумин и, таким образом, сразу уничтожается возможность влияния на почву того «свежеесаженного» перегноя, который представляет причину прочности почвы. Насколько велико влияние высушивания навоза, хорошо демонстрируется опытом Я. М. Жукова, произведенным им по моей просьбе в б. Сумском уезде Харьковской губернии. Участок, на котором навоз был запахан немедленно после раструски, дал урожай в 183 пуда ржи на десятину, участок же, на котором навоз в маленьких кучах сначала высох, дал 83 пуда на десятину.

Вследствие значительного содержания в навозе азота, при его внесении в почву принимаются особенно детальные меры к его равномерному распределению по поверхности поля для избежания последствий «пестроты поля».

Одним из важнейших моментов в крупном социалистическом сельском хозяйстве представляется момент вывозки навоза и приготовления его на гноище. Все старые способы, выработанные при мелком единоличном земледелии, пред-

ставляются малоприемлемыми ввиду концентрации больших количеств скота, обобщественного и государственного, находящегося в колхозах и совхозах. Вывозка всего количества ежедневно скопляющегося навоза на гноище, устроенное на усадьбе, представляет огромные неудобства в смысле санитарном. Вывозка уже перепревшего навоза с усадьбы на поля тоже встречает много неудобств. Все эти соображения, ближайшее рассмотрение которых касается, в сущности, организации хозяйства, заставили притти к уже испытанному во многих социалистических предприятиях приему вывозки навоза.

Сущность этого приема заключается в том, чтобы вносить в почву только вполне перепревший навоз, чем избегается такая тяжелая операция, как двойка парового поля, как было рассмотрено выше. И навоз во вполне перепревшем виде приобретает гораздо больше достоинств в смысле внесения в почву, ибо его можно вносить в гораздо меньших количествах для удобрения любого растения севооборота. Такого рода внесение навоза требует предварительной разработки плана его внесения, которым определяются количество и время внесения перепревшего навоза в соответствующие поля.

Количество навоза, получаемого от скота при разных условиях его содержания, можно получить в любом справочнике по зоотехники. И это общее количество, уменьшенное по весу вчетверо, определяет массу навоза, которым располагает в течение года хозяйство для вывозки непосредственно на поля. При этих расчетах нужно иметь в виду, что получение вполне перепревшего, хорошо рассыпающегося навоза требует времени около года.

После того как количество вносимого в каждое поле навоза определено, вокруг поля намечаются места, где будут расположены гноища для приготовления навоза. Эти гноища располагаются вокруг каждого поля с расчетом возможной экономии перевозки навоза и езды навозоразбрасывателей.

Гноище полевое представляет прямоугольную площадку, засыпанную на полметра измельченным торфом или слоем полевой почвы такой же толщины. На поверхность такой подстилки закладывается собственно навоз, который ежедневно вывозится из скотных дворов на полевые гноища, что представляет значительные удобства вследствие относительной недогруженности транспорта в течение зимнего времени, когда навоз главным образом и скопляется в скотных дворах.

Размеры кучи складываемого навоза рассчитываются так, чтобы все количество ежедневно вывозимого навоза могло быть расположено слоем не толще 0,5 м. Ширина каждой кучи не должна превышать 2 м. Сообразно этим данным, можно закладывать одну длинную кучу или несколько на разных местах. Навоз укладывается рыхлым слоем и немедленно начинает «гореть». Это согревание, достигающее температуры 70—72°, имеет чрезвычайно большое значение в смысле уничтожения спор грибов, по присутствию которых можно судить о неправильном разложении навоза. До тех пор пока продолжается «горение» навоза, в начатую кучу новую порцию навоза не накладывают. Поэтому в зимнее время, когда этот процесс «горения» задерживается, приходится одновременно закладывать несколько куч.

Созревание каждой порции навоза, вывозимой из усадьбы, имеет еще одно народнохозяйственное санитарное значение. Мы имеем в виду борьбу с гельминтозами (глистные заболевания).

Известно, что глистные заболевания распространены значительно. Сильно распространен плоский (*Platyhelintos*) бычий солитер, цепень, печеночник (*Nematodes*) овцы, финоз и трихноз свиньи и аскаридоз. Все извержения домашних животных и человека часто заражены миллионами яиц. Яйца глистов разносятся по всей усадьбе и попадают в воду. Спелые членики солитера способны к самостоятельному движению. Низкая температура (жидкий воздух) не убивает яйца глистов. Зато температура 50—70° особенно при щелочной реакции их убивает.

Поэтому необходимо настаивать на всеобщем проведении горячего периода при приготовлении навоза.

После того как высокая температура в куче начнет спадать, навоз подвергают уплотнению (утаптыванию), и на уплотненный навоз можно накладывать новую порцию слоем в 0,5 м рыхлого навоза.

В таком порядке продолжают укладку навоза до тех пор, пока уплотненная куча не достигнет общей высоты в 1,5 м. Тогда на нее сверху насыпают слой в 0,5 м измельченного торфа или полевой земли (не песка) и начинают укладку новой кучи в непосредственной близости к первой куче. В конце полосы на предварительно насыпанном торфе образуется сплошной штабель навоза высотой около 2 м, покрытый сверху слоем измельченного торфа.

Немедленная, ежедневная вывозка навоза с усадьбы не освобождает, однако, от укладки вблизи скотного двора такого же штабеля навоза. Этот штабель представляется запасным на случай неосуществимости вывозки навоза в гноища на полях по каким-либо стихийным причинам (ненастная погода, буран и др.) или занятости автотранспорта.

Навозная жижа. До сих пор чрезвычайно тягостным и неразработанным моментом представляются хранение и применение навозной жижи. В большинстве скотных дворов принято направлять все количество жидкости, получающееся на скотном дворе, в жижеприемник. Эта жидкость, стекающая со скотного двора, состоит из мочи животных, и к ней же примешивается и вода, применяемая на скотном дворе для поддержания чистоты. В жижеприемник направляется одновременно и та жидкость, которая образуется при разложении навоза. Вследствие этого объем жижи, получающийся при таком порядке ее сбора, чрезвычайно велик, жижа представляет сильно разжиженный раствор. Очень желательно, чтобы вода, применяемая в целях соблюдения чистоты на скотном дворе, направлялась отдельной канализацией на биологические фильтры, на которых очистка такой воды не представляет никаких затруднений. В этом случае в жижеприемнике скопляются только моча животных и небольшое количество жижи, образующейся при разложении навоза на запасном гноище.

Вывозка и утилизация этого небольшого сравнительно количества жижи не представляют больших трудностей. Эта концентрированная жижа — густая черная жидкость, в которой азотсодержащие вещества обратились в форму еще неисследованных коллоидальных веществ, содержащих большое количество азота. Такая жижа периодически вывозится на законченные полевые штабели навоза и распределяется по их поверхности. Все количество элементов пищи, заключающихся в этой жиже, целиком поглощается торфяной покрывкой штабеля.

Что касается жижи, образующейся во время перепревания навоза в полевом штабеле, то она целиком поглощается полуметровым слоем торфа, подстилающим штабель навоза. Весной, по сходе снега, полевые штабели навоза оправляются, на них выравнивается торфяная покрывка, и в случае высыхания штабель периодически увлажняется ввозимой навозной жижей. В таких штабелях навоз достигает полной спелости приблизительно через год и имеет вид черной, легко рассычатой массы, которая легко подвергается механизации нагрузки на автотранспорт и совершенно легко распределяется по полю. После распределения по полю желательна немедленная запашка навоза.

Подстилка. Довольно большой остроты при содержании значительных количеств скота достигает вопрос о подстилке на скотном дворе. Попытка разрешить этот вопрос чисто механистически, отказавшись совершенно от подстилки, не может быть признана ни в какой мере удовлетворяющей требованиям культурного содержания скота. Для скота, совершенно независимо от цели его содержания, необходимо обеспечить мягкое чистое ложе. Эту роль хорошо исполняет торфяная подстилка, покрываемая с поверхности соломенной резкой. При этом существует много систем применения такой подстилки, которые рассматриваются в курсах зоогигиены. С точки же зрения агрохимической торф в этом случае представляет чрезвычайно желательный материал.

Торф. Несколько выше уже обращалось внимание на необходимость внесения в почву органических удобрений. Этот момент настолько важен, что в Западной

Европе уже считается за правило одновременно вносить минеральные и органические удобрения. Поэтому крайне желательно, чтобы наша торфозаготовительная промышленность заготавливала возможно большее количество так называемой торфяной подстилки и очеса и нашла возможность снабжать этой подстилкой совхозы и колхозы даже юга и юго-востока, в которых особенно остро стоит вопрос о подстилке для скота.

В более северных районах, где на территории совхозов и колхозов встречаются торфяники, не имеющие значения для энергетических станций, чрезвычайно желательно приготовление торфа для внесения его в поля. Лучшим способом, во много раз повышающим эффективность минерального удобрения, представляется пропускание всей массы торфа через скотные дворы, как общественных, так и индивидуальные. Торф для этой цели заготавливается осенью, причем он складывается в рыхлые штабелы не выше 2 м и такого же поперечного сечения, для того чтобы он зимой промерз и чтобы закисные соли железа, обычно содержащиеся в таком торфе, окислились и вымылись атмосферными осадками. В случае заготовки торфа зимой целесообразнее в этих же целях не торопиться с его применением, а оставить его в штабелях на следующую зиму. Такой торф пропускается через скотный двор и затем может служить или подстилкой и покрывкой для штабелей навоза, или может применяться самостоятельно на таких же основаниях, как и навозное удобрение.

Кроме того, такой торф применяется для приготовления торфофекального удобрения, значение которого в неканализованных поселках не может быть преуменьшено как с точки зрения санитарной, так и с точки зрения снабжения социалистического земледелия огромным количеством местных удобрений.

Компост. Не менее важно как с точки зрения санитарного состояния поселков, так и получения высокоценного органического удобрения, особенно в южных хозяйствах, приготовление так называемого компоста. Компост может приготовляться как на полях, так и на усадьбе. Приготовление его крайне просто. Основанием компостной кучи служит или торф или какое-нибудь перепревшее органическое вещество. На эту подстилку шириной около 2 м укладываются слоями всевозможные отбросы полевого хозяйства и отбросы усадьбы. На поле в компостные кучи складывается бодылье, т. е. деревянистые остатки стеблей хлопчатника, кукурузы, подсолнуха, кочерыжки и т. п., одним словом, все то, что не может быть скормлено скоту. В компост же складываются испорченная ботва, скашиваемые и выбираемые сорняки. На усадьбах в компостах складываются всевозможные сухие отбросы хозяйства, уличные сметки, труха с сеновалов, убойные остатки, не могущие быть использованными другим путем. Компосты от времени до времени поливаются мыльными помоями, навозной жижей. Когда куча достигнет высоты 2 м, она с поверхности закрывается или торфом, или землей. Для ускорения процесса перегнивания компоста хорошо добавлять в него известь, при этом нечего бояться потери аммиака, который будет немедленно поглощен земляной массой компоста.

Компост созревает приблизительно через год и применяется как навозное удобрение.

Главное удобрение перед травяным полем. В правильном травопольном севообороте главное удобрение одновременно с навозом или другим органическим удобрением и минеральным удобрением применяется в пару, предшествующем озимому хлебу, под который будут подсеиваться многолетние травы. Этот момент чрезвычайно важен, так как от хорошего развития как злаков, так и бобовых травяного поля зависит равномерность прочной структуры почвы. При этом чрезвычайно важно, чтобы весь пахотный горизонт был удобрен равномерно, чем достигается и равномерное распределение по нему корней злака. Второе внесение как навоза, так и минеральных удобрений требуется приблизительно в середине ротации севооборота. При этом важно также, чтобы вносимое удобрение равномерно распределялось по всему пахотному горизонту. В этих целях удобрение минеральное в связи с органическим вносится перед зяблевой вспашкой. Кроме

того, вполне перепревший навоз может исполнять и роль подкормки, внесенной поверхностно.

Калийное удобрение. В Западной Европе вошло в обычай применять калийные удобрения, особенно сырые калийные соли, содержащие большое количество хлористого натрия, только в травяное поле. Как калий, так особенно натрий разрушительно действуют на структуру почвы. При внесении калийных удобрений после первого укоса первого года пользования травяным полем вред, который могут причинить калий и натрий, влияя на потерю структуры, не может проявиться в такой силе, так как структурные элементы почвы оплетены корнями злаков и защищены механически от разрушения. Калий же на остальные поля попадает в форме навоза, сильно обогащенного калием и не способного проявить вредное влияние.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие (к четвертому изданию)	Стр. 3
Предисловие (к третьему изданию)	4
От автора (к первому изданию)	6
Введение	9

Связывание энергии солнечного луча как задача с/х производства (9). — Роль живых организмов в с/х производстве (11). — Отрасли растениеводства (12). — Особенности зеленых растений как средства производства и продукта сельского хозяйства (13). — Разрушение органического вещества как вторая задача с/х производства (13). — Животноводство как органическая составная часть с/х производства (15). — Земледелие как третий цех с/х производства и его задачи (16). — Факторы жизни растений как условия растениеводства (20). — Равнозначность, или незаменимость, факторов (21). — Сложность взаимозависимости биологических процессов и с/х производство (22). — Метафизический «закон» убывающего плодородия почвы (23). — Понижение урожайности как следствие непонимания взаимозависимости факторов (26). — Свет и тепло как космические факторы жизни растений (29). — Вода и пища как земные факторы жизни растений (31). — Что такое плодородие почвы (31).

Часть первая

ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Глава первая. Выветривание горных пород и процесс обособления свойств почвообразующих пород	35

Плодородие — существенный признак почвы (35). — Почва и горная порода (35). — Общее направление изучения почвы (35). — Термическое выветривание (37). — Физические свойства рыхляка (39). — Химическое выветривание (40). — Агенты химического выветривания (41). — Действие угольной кислоты при выветривании (42). — Механический состав рыхляка (43). — Выветривание осадочных горных пород (44). — Перенос продуктов выветривания (46). — Участь элементов пищи растений при выветривании (48). — Отношение почвообразующих пород к воде (50). — Развитие агрегатного состояния почвообразующей породы (51).

Глава вторая. Общая схема почвообразовательного процесса	53

Накопление в почве элементов пищи растений (53). — Большой, геологический круговорот вещества (54). — Поглощительная способность почвы (54). — Избирательность поглощительной способности почвы (54). — Избирательная поглощительная способность — свойство зеленых растений, а не почвы (55). — Синтез и разрушение органического вещества как сущность почвообразовательного процесса (56). — Малый, биологический круговорот азотной и азотной пищи растений (56). — Количественная ограниченность биологически важных элементов (57). — Группы наземных зеленых растений (58). — Отложение отмершего органического вещества группами зеленых наземных растений (62). — Группы низших бесхлорофилльных растений (63). — Растительные формации в аспекте почвоведения (64). — Перегнойные вещества почвы (65). — Природный перегной как продукт синтеза низших незеленых растений (68). — Лиазиметры (69). — Природные перегнойные кислоты (73). — Ульминовая кислота (73). — Гуминовая кислота (74). —

Креновая или ключевая кислота (74). — Апокреновая или осадочноключевая кислота (74). — Анаэробное разложение органического вещества в природных условиях (75). — Аэробно-бактериальное разложение органического вещества в природных условиях (76). — Разложение мертвого деревянистого органического вещества грибным процессом (77).

Глава третья. Подзолистый период почвообразовательного процесса 78

Водный режим под пологом леса (78). — Капельно-жидкая вода в почве леса (80). — Режим волосной воды под лесом (80). — Значение креновой кислоты при подзолообразовании (82). — Свойство подзолистого горизонта (83). — Анаэробный горизонт подзолистых почв (84). — Свойства рудякового горизонта (85). — Обособление глеевого горизонта (86). — Образование ореховатости материнской породы (88). — Роль леса в биологическом круговороте элементов пищи (88). — Влияние рельефа на водный режим почвы (91). — Законы движения почвенной воды (93). — Грунтовая и артезианская вода (94). — Особенности подзолообразования в зависимости от рельефа (94). — Водораздельный подзол (95). — Ортзанд (95). — Чугунные почвы (95).

Глава четвертая. Луговая стадия дернового периода почвообразовательного процесса 96

Причины смены леса лугом (96). — Накопление аморфного перегноя и растительных остатков в почве луга (98). — Три типа алаков (100). — Роль корневищевых алаков под лесом (106). — Рыхлокустовая фаза луга (109). — Луговая стадия на лесосеках (110). — Коллоиды, коллоидальные растворы и суспензии почв (111). — Приобретение дерновыми почвами комковатой структуры (113). — Значение алаков и бобовых луга в почвообразовании (116). — Внешние признаки дерново-подзолистых почв (118).

Глава пятая. Болотная стадия дернового периода почвообразовательного процесса 119

Накопление мертвого органического вещества в почве (119). — Плотнокустовая фаза дернового периода (121). — Избирательная поглотительная способность почвы (121). — Накопление органического вещества на поверхности почвы (121). — Микотрофизм плотнокустовых алаков (122). — Микотрофизм и бактериотрофизм (123). — Уменьшение зольности на растающем торфе (124). — Деревянистая флора болота (125). — Автотрофная флора болота (127). — Основное болото (128). — Зелено-моховое болото (129). — Разложение торфа (129). — Сфагновое болото (130). — Биологические особенности сфагновых мхов (131). — Водораздельное болото (133). — Низинные болота (134). — Заращение озер (136).

Глава шестая. Природные проявления дернового периода почвообразования 137

Границы послетретичных оледенений (137). — Абсолютный и относительный возраст почв (143). — Отложения послетретичных оледенений (145). — Процесс таяния материкового льда (146). — Первичный почвообразовательный процесс (147). — Почвообразовательный процесс в тундре (148). — Почвообразовательный процесс в долинах рек (149). — Водный режим реки (150). — Образование песчаных отложений (151). — Области поймы (154). — Отложения центральной поймы (154). — Почвы и луга зернистой поймы (155). — Почвы и луга слоистой поймы (157). — Почвообразование в области притеррасной поймы (159). — Отложения притеррасной поймы (162). — Притеррасная ольховая топь (165). — Песчаные области поймы (166).

Глава седьмая. Природные проявления дернового периода почвообразования. Чернозем 169

Чернозем и климат (169). — Взаимоотношения климата с растительностью и почвами (170). — Климат тундры и почвообразование (172). — Лес изменяет климат тундры (172). — Абсолютный и относительный возраст почв в связи с климатом (173). — Отмирание и разрыв торфяных болот (174). — Развитие северных черноземов из болот на алюмосиликатной морене (175). — Северные черноземы склонов и долин (176). — Признаки черноземов горных, долинных и склоновых (176). — Черноземы на разных почвообразующих породах (177). — Почвообразование под лесом на карбонатной морене (178). — Почвообразование под лугом и луговой степью на карбонатной морене (179). — Почвообразовательный процесс на пермской морене (180). — Лес на пермской морене (181). — Тучные черноземы (182). — Лесостепь области пермской морены (182). — Черноземы области смешанной морены (183). — Ложные солонцы (185).

Глава восьмая. Деградация черноземов и переходная стадия к степному периоду почвообразования 187

Комплексность почвенного покрова (187). — Водный и пищевой режимы черноземных почв (188). — Последствия изменения водного режима черноземных почв (189). — Накопление перегноя как причина волосности водного режима (191). — Эволюция луговой степи в степь (191). — Флора сухой степи по сезонам (193). —

Общие признаки степного периода почвообразования (194). — Процесс деградации черноземов (194). — Элементы и условия плодородия (194). — Волосное передвижение воды в деградирующих черноземах (195). — Обособление карбонатного горизонта (196). — Образование южных черноземов (198). — Водный баланс бесструктурных почв переходной зоны (198). — Мертвый горизонт (199). — Высыхание и выгорание степи летом (199). — Ливни в степях и образование оврагов (200). — Последствия аэробного процесса (201). — Разложение остатков глубококоренных и бобовых растений степи (201). — Передвижение минеральных соединений в почвах степи (202). — Богатство степных почв азотом (203). — Слабая изученность воли степных растений (204). — Воздействие водного режима степных почв на их минеральные соли (205). — Обособление солонного гипсового горизонта (206). — Бесструктурность почв переходной стадии и степного периода (207). — Липун (208). — Образование солонцов (208). — Передвижение молекулярно-растворимой кремневой кислоты в почвах (209). — Осолодование и солоди (211).

Глава девятая. Степной период почвообразовательного процесса 213

Причины смены растительных формаций (213). — Изменения климата сухой степи (213). — Надпочвенный сток и гидрографическая сеть зоны степей (213). — Степной период почвообразования в СССР (216). — Среднеазиатский лёсс (217). — Эрозия почв степной области (218). — Пресные и горько-солёные почвенные воды (218). — Образование солончаков (219). — Соли и каменные реки (221). — Область поймы среднеазиатских рек (222). — Речные пески степной области (222). — Материковые моренные пески (225). — Такыр и ала (226). — Каменистая степь (226). — Растительность песков степной области (226). — Степная зона в европейской части СССР (227). — Глубокостволчатые солонцы области пермской морены (230). — Выгорание посевов, захват или запал, растений (231). — Черноземовидные почвы переходной области (231). — Деградация тучных черноземов (232). — Латериты, красноземы (234). — Буроземы Раманна (237).

Развитие первичного почвообразовательного процесса 238

Часть вторая

ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

(Учение о системе создания и поддержания условий эффективного плодородия почвы). 261

Глава десятая. Взаимоотношения воды и пищи растений в почве. Культурная почва 263

Изменчивость количественной потребности с/х растений в воде (263). — Группы культурных растений по относительной потребности в воде (265). — Критические фазы развития растений (266). — Значение фазы коущения (268). — Причины различных требований растений к воде (269). — Соотношение потребности растений в воде с влажностью почвы (271). — Влияние структуры почвы на ее водный режим (272). — Влияние структуры почвы на водный режим страны (275). — Формы запаса пищи растений в почве (278). — Способы регуляции пищевого режима почвы (279). — Пищевой режим бесструктурной и структурной почвы (280). — Пища бактерий и ход разрушения органических веществ почвы (282). — Три задачи земледелия (283).

Глава одиннадцатая. Утрата почвой условий плодородия и система их восстановления 286

Пищевой и водный режим бесструктурных почв (286). — Связность и прочность почвы (287). — Производственное значение связности (287). — Причины прочности почвы (288). — Свойства коллоидально-измельченных веществ (289). — Механические причины утраты прочности почвы (290). — Физико-химические причины утраты прочности почвы (292). — Нормальная глубина основной вспашки (293). — Биологические причины утраты прочности (293).

Глава двенадцатая. Прimitивные системы земледелия 295

Переложная система земледелия (295). — Паровая система земледелия (296). — Навозное скотоводство (300). — Кочевое скотоводство (300). — Орошение бесструктурных почв (300). — Вторичные солончаки (301). — Сухое земледелие (302). — Теоретические объяснения падения плодородия почвы (304). — Плодопеременная система земледелия (305). — Ошибки теории плодосмена (307). — Теория полного возврата (308). — Сидеральная система земледелия (308).

Глава тринадцатая. Основы травопольной системы земледелия. 310

Бурьяновый перелог (312). — Пырейный перелог (315). — Тонконоговый перелог (316). — Типцовый перелог (316). — Ковыльная степь (317). — Мягкий и твердый перелоги (317). — Пластовые растения (318). — Твердые, мягкие и серые хлеба (318). — Основы травопольной системы земледелия (319).

Глава четырнадцатая. Полевой севооборот травопольной системы земледелия . . . 321

Построение паровых севооборотов (321). — Из каких элементов складывается травопольный севооборот (321). — Значение систем, составляющих травопольный севооборот (321). — Однолетние и многолетние злаки (322). — Многолетние бобовые (324). — Изменение состава растений после зацветания (325). — Агротехническое значение раннего укоса (326). — Состав травяного поля (328). — Семеноводство многолетних трав (330). — Клевера занятого пара (332). — Компоненты смеси травяного поля для различных зон СССР (332). — Пастбища на травяном поле полевого севооборота (338). — Время и глубина вспашки травяного поля (338). — Уход за травяным полем (340). — Основы чередования культур травопольного севооборота (343). — Смысл клеверного пара (345).

Глава пятнадцатая. Развитие систем обработки почвы . . . 348

Примитивные орудия обработки почвы (348). — Рало (348). — Сабан (349). — Система «оборота пласта» (349). — Анализ работы боронь (351). — Порог вредности работы орудий (352). — Причины падения урожая по обороту пласта (353). — Объяснение Либихом характера урожайности при системе оборота пласта (354). — Система обработки дернины взметом (355). — Скимнольтер (356). — Джойнтер (356). — Рухадловые плуги (357). — Плуги среднего типа (357). — Лушение дернины (358). — Двойная вспашка (359).

Глава шестнадцатая. Основы обработки почвы плугом с предплужником (культурная вспашка) . . . 360

Организационно-экономические несовершенства «двойной вспашки» (360). — Предплужник Рудольфа Сакка (360). — Технологические свойства пласта (360). — Принципы возвращения верхнему горизонту утрачиваемых им свойств (362). — Теоретические основы вспашки плугом с предплужником (363). — Рабочие элементы культурного плуга (364). — Правила сборки культурного плуга (365). — Форма отвала культурного плуга (367). — Работа волокуши (371). — Гвоздевка (371). — Углубление пахотного слоя подзолов (372). — Углубление пахотного горизонта солонцов (373). — Углубление пахотного горизонта черноземов (373). — Работа фрезерной машины (374). — Плуг Хэмшо (374). — Бороньба как прием ухода за растением (375). — Катки (375).

Глава семнадцатая. Система основной зяблевой обработки почвы (лушение жнивья и зяблевая вспашка) . . . 377

Системы обработки почвы (377). — Задачи системы зяблевой обработки (378). — Засоренность и засорение почвы (378). — Борьба с энтомофагами (379). — Задача приема лушения жнивья (379). — Классификация сорняков (379). — Производственные свойства сорняков (379). — Энтомофаги (381). — Лушение жнивья и послеуборочные дожди (381). — Пырей и овсюг (381). — Время производства лушения жнивья (381). — Глубина лушения жнивья (382). — Зяблевая вспашка (384).

Глава восемнадцатая. Система предпосевной обработки (ранневесенняя обработка и обработка паров) . . . 388

Подразделение предпосевной обработки почвы (388). — Ранневесенняя обработка зяблевых полей (389). — Изолирующий слой (mulch, мульча) (389). — Волочение или обработка волокушей (389). — Применение гвоздевки (390). — Общие принципы всякой предпосевной обработки (390). — Орудие предпосевной обработки (391). — Общие задачи обработки парового поля (392). — Главная задача черного пара (392). — Определение времени лушения пара (393). — Самоочищение черного пара (394). — Орудие лушения черного пара (394). — В каком состоянии разложения вносить навоз в черный пар (395). — Пестрополье (396). — Двоение удобренного черного пара (396). — Орудие заделки навоза и двойки (396). — Лушение после заделки навоза (398). — Легенда о ненужности навозного удобрения на черноземах Западной Сибири и европейской части СССР (398). — Задача безнавозного (пресного) черного пара (399). — Последний срок глубокой летней обработки черного пара (399). — Предпосевная обработка черного пара (400). — Черный пар под яровые хлеба (401). — Смена черного пара занятым (402). — Четыре участка занятого пара (402). — Обработка занятого пара (403). — Другие разновидности черного пара (404).

Глава девятнадцатая. Основы зеленой кормовой площади и кормовой севооборот. 405

Производительность труда в растениеводстве (405). — Производственная задача животноводства (406). — Производственная задача земледелия (406). — Кроме помимо животноводства использование отбросов растениеводства (406). — Денитрификация (407). — Сжигание соломы в поле (407). — Искусственный навоз (407). — Условия производительности животноводства (408). — Грубые и концентрированные корма (408). — Две группы животных (409). — Полноценные витаминные корма и авитаминоз (409). — Сочные корма (409). — Состав природной зеленой кор-

мовой площади (410). — Кормовое значение многолетних злаков (410). — Лес как кормовое угодие (410). — Пастьба по озимым (412). — Пастьба по жнивью (412). — Посевы трав в полевом севообороте как кормовая база (413). — Природные луга как кормовая база (413). — Заболачивание природных лугов (415). — Поверхностное улучшение природных лугов (416). — Коренное улучшение лугов (417). — Неприменимость культурной вспашки на природных лугах (417). — Вспашка природных лугов мелким (американским) оборотом пласта (419). — Орудия обработки пласта вспаханных природных лугов (420). — Удобрение при коренном улучшении лугов (420). — Приемы коренного улучшения лугов как борьба с последствиями природного процесса (421). — Кормовой севооборот травопольной системы земледелия (422). — Государственные плановые задания по животноводству (423). — Обращение культуры трав в кормовом севообороте на цели культуры в агротехническое средство (423). — Характер растений полевого периода кормового севооборота (425). — Многолетние травы, как дезинфектор почвы (426).

Глава двадцатая. Регуляция химических условий плодородия почвы 428

Реакция кислой алюмосиликатной морены (428). — Процесс выщелачивания из почвы углекислой извести (428). — Увеличение актуальной кислотности почвы (430). — Азотное, фосфорное и серное голодание растений при кислой реакции почвы (430). — Образование «растворимого» перегноя (430). — Катионы железа и алюминия и «ретроградация фосфорной кислоты» (430). — Известкование, мергелевание и фосфоритование не суть «мелиорации» или «коренные» улучшения почвы (431). — Кустарное освоение малопроцентных фосфоритов (431). — Техника известкования в травопольных и паровых севооборотах (432). — Реакция карбонатной морены (432). — Нитрификация как процесс, поддерживающий присутствие карбоната кальция в верхнем горизонте почв степного периода (432). — Бикарбонат натрия в почвах степного периода (433). — Гипсовый горизонт почв степного периода (433). — Борьба с щелочной реакцией почвы (433). — «Кислование» щелочных почв (433). — Необходимость придачи почвам степного, переходного и особенно луговостепного периодов прочного структурного состояния (434). — Одновременное гипсование и посев смеси многолетних трав на солонцах (434). — Узкоколосый житняк и желтая люцерна (435). — Микрофауна солонцов (435). — Навоз как удобрение микрофлоры и ее носитель (435). — Одновременное внесение навоза и минеральных удобрений (435). — Анаэробный навоз (435). — Навозная жижа (439). — Подстилка (439). — Торф (439). — Компост (440). — Главное удобрение перед травяным полем (440). — Калийное удобрение (441).

Редактор *Вс. Столетов*
Технический редактор
Я. Фидэль
Корректор *К. Чельцова*

★

28 п. л. + 1 вклейка. 48,81 у. изд. л. Формат
бум. 70×108 $\frac{1}{16}$. Тираж второй завод 10001—
35000 экз. Изд. 51-ГУ. СХИЗ 6362. Под-
писано в печать с матриц 29/V 1939 г.
Уполном. Главлита № Б-50944.
Цена книги 7 р. 80 к. Переплет 2 р.

★

1-я Образцовая тип. Огняа РСФСР треста
„Полиграфнига“. Москва, Вавозав, 28.
Зак. № 2501.