



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



Г. И. БАЗДЫРЕВ, А. Ф. САФОНОВ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ С ОСНОВАМИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
вузов Российской Федерации в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности «Технология производства и переработки
сельскохозяйственной продукции»



МОСКВА «КолосС» 2009

УДК 631.4/.8(075.8)
ББК 40.3/.4+41.41/.43я73
Б17

Редактор *А. С. Максимова*

Рецензент доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. М. Соловьев (МГАУ)

Баздырев Г. И., Сафонов А. Ф.
Б17 Земледелие с основами почвоведения и агрохимии. — М.:
КолосС, 2009. — 415 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для
студентов высш. учеб. заведений).
ISBN 978—5—9532—0607—5

Дано представление о почве и ее свойствах. Рассмотрены вопросы общего земледелия: законы земледелия, научные основы севооборотов, обработки и эрозия почвы, сорные растения и меры борьбы с ними. Специальные разделы посвящены агрохимии, системам земледелия и основам почвоведения.

Для студентов вузов по специальности «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

УДК 631.4/.8(075.8)
ББК 40.3/.4+41.41/.43я73

*Оригинал-макет книги является собственностью издательства «КолосС»,
и его воспроизведение в любом виде, включая электронный,
без согласия издателя запрещено.*

ISBN 978—5—9532—0607—5

© Издательство «КолосС», 2009

Глава 1

ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ



1.1. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОЧВЫ

Понятие о почве. Почвоведение — наука о почвах, их образовании (генезисе), строении, составе и свойствах; о закономерностях их географического распространения; о процессах формирования и развития плодородия; о путях рационального использования и изменения почвенного покрова при производственной деятельности человека.

Почвоведение как научная дисциплина оформилась в нашей стране в конце XIX в. благодаря трудам выдающихся русских ученых В. В. Докучаева, П. А. Костычева, Н. М. Сибирцева. Дальнейшее развитие учение о почве получило в работах К. Д. Глинки, П. С. Коссовича, К. К. Гедройца, С. С. Неустроева, В. Р. Вильямса и др.

Первое научное определение почвы дал В. В. Докучаев: «*Почвой* следует называть «дневные», или наружные, горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов...». Важнейшее значение в образовании почвы он придавал различным организмам. В результате их воздействия почва приобретает такие свойства, которые делают ее средой, пригодной для существования и развития живых существ.

В. Р. Вильямс под почвой подразумевал «рыхлый поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений». Этим он подчеркивал наиболее существенное свойство почвы, ее плодородие.

Под *плодородием* понимают способность почвы удовлетворять растения в течение всего периода вегетации элементами питания, водой, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла для нормальной жизнедеятельности и создания урожая.

Согласно современным научным положениям, почва — биокосное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате воздействия биотических и антропогенных факторов, и

представляющее собой открытую четырехфазную динамическую систему, способную обеспечивать рост и развитие растений.

Твердая фаза почвы состоит из первичных и вторичных минералов и органического вещества растительного и животного происхождения. Она является основой для накопления воды и воздуха, обитания почвенных организмов. Твердая фаза характеризуется морфологическими признаками, гранулометрическим, минералогическим и химическим составами.

Жидкая фаза почвы представлена водой, которая поступает в виде атмосферных осадков, грунтовых вод и занимает часть пор. Вода растворяет минеральные и органические вещества, образуя почвенный раствор, который служит источником питания растений. Содержание воды в почве сильно колеблется. Она испаряется с поверхности почвы, поглощается растениями, просачивается в нижние слои.

Газовая фаза почвы — это почвенный воздух, заполняющий свободные от воды поры. Состав почвенного воздуха быстро изменяется в отличие от атмосферного. Наибольшему изменению подвергается содержание в почве кислорода и диоксида углерода, это обусловлено биологической активностью почвы, количеством атмосферных осадков, скоростью ветра в приземном слое, изменением атмосферного давления и другими факторами. Количество почвенного воздуха непосредственно связано с жидкой фазой почвы.

Живая фаза представлена почвенной биотой, к которой относятся бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли, простейшие, насекомые, дождевые черви и др. Основные функции микроорганизмов и почвенной фауны — разложение растительных остатков и почвенного гумуса до простых соединений, используемых растениями, а также участие в образовании гумусовых веществ, в разрушении и новообразовании почвенных минералов. Важное значение имеет способность некоторых групп микроорганизмов фиксировать атмосферный азот.

Почва является основным средством производства в сельском хозяйстве, которое характеризуется следующими важными особенностями: незаменимостью и ограниченностью в пространстве, незащищенностью от метеорологического фактора, неизнашиваемостью при правильном использовании. Эти особенности подчеркивают необходимость бережного отношения к почвенным ресурсам и воспроизводству плодородия почв.

Почва — важнейший компонент биосферы, выполняющий ряд глобальных и экологических функций.

1. Обеспечение жизни на Земле. Эта функция определяется тем, что именно через почву осуществляется глобальная связь между «живым» земным и «мертвым» космическим миром; в по-

чве концентрируются и оптимизируются необходимые организмам биофильные элементы в доступных им формах. В почвах создаются все необходимые условия жизни организмов, оптимизируются водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы, формируется поликомпонентная живая цикличная плазма — почвенное плодородие.

2. Регулирование всех потоков вещества и энергии в биосфере. Все биогеохимические циклы элементов, включая циклы таких важнейших биофилов, как углерод, азот, кислород, а также циклы воды, осуществляются именно через почву при ее регулирующем участии в качестве геомембраны и аккумулятора биофильных элементов. Почва — связующее звено и регулирующий механизм в системах биологической и геологической циркуляции элементов. Она накапливает и отражает в себе исторические воздействия, является диагностическим свидетельством состояния почвы в прошлом, настоящем и будущем.

3. Регулирование состава атмосферы и гидросферы. Атмосферная функция почвы осуществляется благодаря ее высокой пористости (40—60 % объема) и плотной заселенности организмами, в результате чего происходит постоянный газообмен между почвой и атмосферой. Почва постоянно поставляет в атмосферу различные газы, в том числе «парниковые» (CO_2 , CH_4), а также много микрогазов. Одновременно почва поглощает кислород из атмосферы. Таким образом, в системе почва—атмосфера почва является генератором одних газов и стоком для других. В глобальном круговороте воды почва избирательно отдает с поверхностным и подземным (внутрипочвенным) стоками растворимые в воде химические вещества, определяя гидрохимическую обстановку в водах суши и прибрежной части морей и океанов.

4. Накопление в поверхностной части коры выветривания, в почвенных органогенных горизонтах специфического органического вещества — гумуса и связанной с ним химической энергии.

5. Защита литосферы. Почва защищает литосферу от воздействия экзогенных факторов, регулируя интенсивность геологической денудации суши.

6. Генерирование и сохранение биологического разнообразия. Почва, являясь средой обитания огромного числа организмов, ограничивает жизнедеятельность одних и стимулирует активность других. Чрезвычайно большое разнообразие почвенных свойств, их различные сочетания (кислотность и щелочность, засоленность и отсутствие солей, окислительная или восстановительная обстановка) создают огромное разнообразие условий жизнедеятельности организмов.

В природе постоянно происходят два последовательно протекающих процесса: выветривание и почвообразование. Выветрива-

ние как бы подготавливает в горной породе условия для развития на ней почвы, а почвообразованием завершается формирование почвы на продуктах выветривания горных пород. Процессы выветривания и почвообразования протекают одновременно и тесно взаимосвязаны.

Выветривание горных пород и его типы. *Выветривание* — это процесс разрушения и изменения горных пород, вышедших в поверхностные слои литосферы. Оно протекает под воздействием различных факторов: солнечного тепла, кислорода, диоксида углерода (CO_2), осадков и живых организмов. Различают три типа выветривания: физическое, химическое и биологическое.

Физическое, или механическое, выветривание. Представляет собой процесс механического дробления горных пород на обломки различной величины и формы без изменения их первоначального химического состава. Основной фактор физического выветривания — резкие суточные и сезонные перепады температур в наружных слоях горной породы. В дневные часы солнечные лучи нагревают ее поверхностные слои, которые сильно расширяются, а внутренние слои из-за плохой теплопроводности остаются холодными. В результате в породе на определенной глубине между верхними нагретыми и нижними холодными слоями возникают напряжения, приводящие к образованию трещин, параллельных поверхности. В ночные часы наружные слои породы при охлаждении сжимаются. Внутренние, менее остывшие слои породы сильно давят на внешние и разрывают их, вызывая образование трещин в радиальном глубинном направлении — массивная порода разрушается и от нее отслаиваются скорлуповидные отдельные части. Такое разрушение породы, происходящее при резком колебании температуры, называют *термическим выветриванием*. Оно не проявляется лишь в обломках породы диаметром менее 0,01 мм.

В образовавшиеся при термическом выветривании трещины попадает атмосферная влага, которая углубляет и расширяет их. Это связано с тем, что в трещинах вода оказывает сильное давление (от $78 \cdot 10^5$ до $147 \cdot 10^7$ Па) на породу в результате ее замерзания и действия других физических сил. В ряде случаев в трещины с водой попадают соли, которые при испарении влаги кристаллизуются и также давят на стенки породы.

Из-за физического выветривания горная порода разрушается на обломки различной величины, называемые *рухляком*. Рухляк приобретает уже принципиально новые качественные состояния, несвойственные исходной массивно-кристаллической породе: рыхлость и пористость, а следовательно, способность пропускать воздух и влагу. С этого момента порода в виде рухляка начинает подвергаться усиливающемуся действию некоторых других агентов, вызывающих химическое выветривание.

Химическое выветривание. Проявляется в разрушении горной породы с изменением химического состава и образованием новых минералов, отсутствующих в первичных породах. Главнейшие факторы химического выветривания — вода, кислород и диоксид углерода. Особенно велика роль воды, которая не только перемещается в рухляке, но и активно растворяет минералы и горные породы.

По мере разрушения горной породы возрастает площадь соприкосновения с ней воздуха и воды, усиливается процесс химического выветривания. При химическом выветривании между водой, несущей в себе растворенные вещества, и рухляковой породой происходит ряд химических реакций, приводящих к образованию новых минералов, стойких в термодинамических условиях поверхности земной коры. Наиболее важные из этих реакций — гидролиз, окисление, гидратация, восстановление.

В результате химического выветривания разлагаются первичные и возникают вторичные минералы, рухляк и его отдельные частицы еще больше разрушаются и разрыхляются тонкими илистыми частицами, повышается подвижность многих веществ. Все это постепенно создает благоприятные условия для поселения на такой уже резко измененной рухляковой породе живых организмов.

Биологическое выветривание. Это механическое разрушение и химическое изменение породы, осуществляемое под воздействием живых организмов и их выделений. В. И. Вернадский, Б. Б. Польшов, В. Р. Вильямс установили, что в разрушении минералов и горных пород особенно велика роль живых организмов.

Поселяющиеся на горной породе растения оказывают на нее прежде всего механическое воздействие. Их корни проникают по небольшим трещинам вглубь и, развивая высокое давление, способны разрушать даже прочные породы.

Еще большее влияние на породу и рухляк оказывают выделения растений и микроорганизмов. Кислород, диоксид углерода, органические кислоты и некоторые другие соединения, выделяемые растениями и микроорганизмами в окружающую среду, усиливают процессы растворения и гидролиза даже устойчивых к химическому выветриванию пород и минералов.

В разрушении горных пород особенно велика роль выделений низших растений, в частности лишайников, которые больше, чем другие организмы, способны извлекать из горных пород необходимые для питания элементы. После отмирания лишайников питательные вещества концентрируются в верхних слоях породы и создают благоприятные условия для жизни других растений.

При разложении отмерших организмов в почве образуются гумусовые кислоты. Они еще больше усиливают разрушение пер-

вичной породы и минералов. Кроме того, микроорганизмы и низшие растения обогащают верхние слои горной породы органическим веществом и питательными элементами, которые в породе находятся в рассеянном состоянии. Они подготавливают породу для заселения ее высшими растениями и свидетельствуют о начале почвообразовательного процесса.

Немаловажная роль в биологическом выветривании принадлежит почвообитающим насекомым (муравьи, термиты, личинки насекомых) и мелким животным (дождевые черви, тушканчики, кроты, суслики и др.). Благодаря их деятельности происходят перемешивание, обогащение органическим веществом и химическое видоизменение породы. Таким образом, выветривание горных пород представляет собой сложный и разносторонний процесс, происходящий под воздействием физических, химических и биологических факторов.

Общая схема почвообразовательного процесса. В процессе выветривания горные породы разрушаются, дробятся, а составляющие их минералы видоизменяются и растворяются. Растения уже способны извлекать из перешедших в раствор минеральных соединений необходимые для их жизнедеятельности элементы питания: N, P, K, Ca, Mg, Fe, S и многие другие. Однако перешедшие в водный раствор вещества из-за высокой подвижности не могут служить надежным и постоянным источником питания растений, так как осадками они выносятся из коры выветривания и увлекаются водными потоками в Мировой океан.

Огромная масса взвешенного материала и растворимых веществ откладывается на дне морей и океанов и обуславливает формирование осадочных пород, которые при тектонических движениях земной коры могут выйти на поверхность и образовать сушу. Под воздействием выветривания из этих пород будут высвобождаться элементы питания, и они вновь могут быть использованы растениями, поселившимися на суше. Такой круговорот веществ, повторяющийся через геологически продолжительное время, называется *большим круговоротом веществ*, или *геологическим*.

Однако под влиянием одного выветривания горная порода, превратившись в рухляк, не может приобрести плодородие. Это свойство создается только в результате почвообразовательного процесса, который начинается с момента, когда на рухляке горной породы поселяются живые организмы и происходит накопление органического вещества. Одними из первых поселяются бактерии, водоросли, лишайники и мхи, находящие для себя необходимые условия существования даже на неразрушенной горной породе.

В результате жизнедеятельности поселившихся на породе организмов происходят прогрессивное накопление органического вещества и аккумуляция в верхних горизонтах породы биологически

важных элементов питания (P, K, Ca, Mg, S и др.), а также азота, который в горной породе практически отсутствует.

Пронизывая корнями рухляковую породу на большую глубину, растения извлекают из нее рассеянные элементы питания, концентрируют их в своем теле в форме сложных органических соединений и тем самым предохраняют от вымывания. После отмирания растений эти элементы в результате разложения органических остатков частично закрепляются в почве в виде гумусовых веществ, а часть их высвобождается в форме простых минеральных соединений и может вновь использоваться для питания других поколений растений.

Этот ежегодно повторяющийся обмен веществ между каждым новым поколением растений и формирующейся на рухляковой породе почвой называется *малым*, или *биологическим, круговоротом веществ*. В результате его материнская порода приобретает новое качество — плодородие, которое свойственно только почве.

Таким образом, в основе почвообразовательного процесса лежит биологический круговорот веществ. Чем он интенсивнее, чем меньше из него выносятся элементы питания в геологический круговорот, тем лучше предпосылки для формирования плодородия почвы.

Факторы почвообразования. Сложность и разнообразие процесса образования почв определяются не только совокупностью взаимно переплетающихся и противоположных явлений, ему сопутствующих, но и влиянием ряда природных условий, получивших название *факторов почвообразования*.

В. В. Докучаев выделил следующие факторы почвообразования: растительный и животный мир (биологический фактор), почвообразующие породы, климат, рельеф местности и возраст почв. Значение этих факторов в формировании почвы велико и неравнозначно.

Биологический фактор. Поскольку в основе формирования почв лежит биологический круговорот веществ, то почвообразование по сути — биологический процесс, в осуществлении которого принимают участие различные группы организмов. Важнейшими из них являются высшие зеленые растения, низшие растения, обитающие в почве животные.

Высшие зеленые растения играют основную роль в почвообразовании. Только зеленые и некоторые группы низших растений способны в больших количествах синтезировать органическое вещество и накапливать его в верхних слоях почвы.

При разложении органических остатков в почве образуются и накапливаются специфические органические соединения (гумусовые вещества), которые существенно изменяют физические, химические, водные и другие свойства почвы. К тому же мощно раз-

витая корневая система влияет и на более глубокие горизонты почвы, а также закрепляет ее верхний слой, предохраняя от эрозии.

По биологическим особенностям и характеру воздействия на почву высшие зеленые растения можно подразделить на деревянистые, травянистые и мхи.

Деревянистые растения (деревья, кустарники и полукустарники) многолетние; продолжительность их жизни измеряется десятками лет и более. Поэтому к осени у них ежегодно отмирает только часть надземной массы, которая откладывается на поверхности почвы в виде листьев, хвои, сухих стеблей и побегов. В результате образуется лесной опад, или лесная подстилка, которая служит основным источником органического вещества почвы.

Лесная подстилка характеризуется рыхлым сложением, упругостью и большой влагоемкостью. По химическому составу в сравнении с опадом травянистых растений она отличается более высоким содержанием клетчатки, лигнина и дубильных веществ, но бедна зольными элементами.

Сравнительно большое количество осадков в облесенной местности и высокая влагоемкость лесного опада обуславливают образование под лесом медленного, но длительно просачивающегося в почву нисходящего тока воды, что сопровождается вымыванием из верхних горизонтов почвы водорастворимых минеральных и органических соединений. Это явление характерно для почвообразования под деревьянистыми растениями.

Травянистые растения живут от одного года до нескольких лет. К концу вегетации у них отмирает вся надземная масса. Она накапливается на поверхности почвы в виде лугового или степного войлока.

Корневая система отмирает полностью только у однолетних травянистых растений, а у многолетних она частично сохраняется в виде корневищ, луковичек, клубней, из которых на следующий год развиваются новые растения.

У травянистых растений в отличие от деревянистых корневая система по массе в несколько раз превосходит надземные органы, а органическое вещество накапливается в глубине почвы в виде остатков отмерших корней.

Корни травянистых растений пронизывают почву в различных направлениях и расчлениают ее на отдельные мелкие комочки. Органические остатки травянистых растений содержат мало клетчатки и дубильных веществ, но богаты зольными элементами питания и азотом, поэтому они служат весьма благоприятным субстратом для жизнедеятельности различных почвенных бактерий.

Мхи представляют собой автотрофные растительные организмы. Мхи из рода гипнум, поселяясь на рухляке горной породы, являются пионерами почвообразования.

Наиболее существенную роль в болотном почвообразовательном процессе играют сфагновые мхи, накапливающие громадные толщи слаборазложившейся органической массы из нижних отмерших частей, образующей торф.

Мхи могут произрастать на камнях, деревьях, почве, болотах, однако предпочитают условия обильного увлажнения.

Низшие растительные организмы являются первыми поселенцами на горной породе и активно участвуют в ее биологическом выветривании и начальных стадиях почвообразовательного процесса. Основная роль их сводится к разложению органических остатков высших зеленых растений.

В процессе жизнедеятельности низшие растительные организмы создают новые органические вещества, входящие в состав гумуса почвы, разлагают растительные остатки до более простых соединений, используемых высшими растениями в качестве источника минерального питания, и могут фиксировать свободный азот воздуха. Наибольшее значение в почвообразовании имеют бактерии, грибы, водоросли и лишайники.

Бактерии представляют собой многочисленную группу микроскопических, преимущественно одноклеточных организмов. По способу питания их подразделяют на автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные бактерии, усваивая углерод CO_2 , создают органическое вещество клеток из неорганического, используя для этого энергию света (фотосинтез) или химическую энергию окисления других веществ (хемосинтез). Из них наиболее важными являются нитрифицирующие, серо- и железобактерии.

Гетеротрофные бактерии усваивают углерод из уже готовых разложившихся на более простые соединения органических веществ.

С жизнедеятельностью этих бактерий связаны процессы разложения органических остатков растений и животных. Разрушение азотсодержащих органических веществ называют *гниением*, а углеводов — *брожением*. К гетеротрофным относятся аммонифицирующие, целлюлозоразлагающие, денитрифицирующие и другие бактерии.

Особую группу составляют *азотфиксирующие* бактерии. Они ассимилируют свободный азот атмосферы и накапливают его в виде сложных белковых соединений своего тела. При разложении отмерших тел этих бактерий азот переводится в минеральную форму, в которой и используется высшими растениями. Таким образом, азотфиксирующие бактерии обогащают почву азотом, который получил название биологического.

Фиксацию азота атмосферы осуществляют свободноживущие и клубеньковые симбиотические бактерии.

По отношению к кислороду бактерии делятся на аэробные и анаэробные.

Аэробные бактерии развиваются в среде, достаточно обеспеченной атмосферным кислородом, т. е. в поверхностных слоях почв. В почве органические остатки под действием этих бактерий подвергаются глубокой трансформации. Значительная часть остатков, особенно в благоприятных для бактерий условиях, полностью разлагается до минеральных соединений, тогда как меньшая часть в виде промежуточных продуктов разложения способна накапливаться в почве. Такой процесс разложения органического вещества называется *аэробным*.

Анаэробные бактерии живут в отсутствии атмосферного кислорода. Они обычно развиваются в глубоких слоях почвы, на сильно переувлажненных почвах, в толще органической массы (например, торфа), в донных отложениях, куда доступ кислорода сильно затруднен. Разложение органических остатков протекает медленно и неполно. Этот процесс называется *анаэробным*. В почве постепенно из года в год накапливаются неразложившиеся растительные остатки, которые со временем могут образовать мощные слои торфа.

К аэробным относятся, например, азотобактер, клубеньковые и нитрифицирующие бактерии, а к анаэробным — денитрифицирующие, *Clostridium pasterianum*.

Грибы — бесхлорофилловые гетеротрофные организмы, питающиеся готовыми органическими веществами. По способу питания грибы разделяют на *сапрофиты*, развивающиеся на мертвом органическом субстрате (например, плесневые грибы на портящихся продуктах питания), и *паразиты*, поселяющиеся на живых растениях и причиняющие им большой вред (спорынья ржи, мучнистая роса крыжовника, головневые и ржавчинные грибы на злаках и др.).

Многие виды грибов способны вступать с зелеными растениями во взаимовыгодное сожительство (симбиоз). Образуя внутри и снаружи корней густую сеть из ветвящихся клеток, или гифов, они улучшают азотное питание зеленых растений, а сами получают от них некоторые органические соединения (углеродистое питание). Развитые образования грибных гифов на корнях высших растений называются *микоризой*, а обусловленный таким сожительством тип питания растений — *микотрофным*.

Микориза развивается на корнях сосны, ели, дуба, кукурузы, овса, твердой пшеницы и других растений.

Грибная микрофлора, используя для питания органические остатки, способна полностью минерализовать очень сложные соединения (клетчатку, пектиновые вещества, лигнин). Она хорошо развивается только в аэробных условиях, при обилии органичес-

кого вещества, высокой влажности субстрата (30—60 %) и оптимальной температуре (около 25—30 °С). В отличие от бактерий грибы хорошо развиваются в кислой среде — в лесной подстилке.

Актиномицеты, или *лучистые грибы* (Actinomycetes), занимают промежуточное положение между бактериями и грибами. Это аэробные гетеротрофные организмы, хорошо развивающиеся в субстрате, содержащем достаточное количество карбонатов (на некислых почвах), и при температуре 32—37 °С. Лучистые грибы активно участвуют в разложении многих органических соединений, в том числе и входящих в состав почвенного гумуса.

Водоросли — одноклеточные или многоклеточные хлорофиллоносные организмы; могут синтезировать органическое вещество в процессе фотосинтеза.

В почве обитают микроскопические зеленые, синезеленые и диатомовые водоросли. Они пополняют почву органическим веществом и улучшают ее аэрацию при помощи выделяющегося при фотосинтезе кислорода. Некоторые из них способны фиксировать молекулярный азот. Органическое вещество отмерших водорослей служит субстратом для развития многих почвенных бактерий.

Лишайники — симбиотические организмы, тело которых состоит из гриба и водоросли. Водоросль с помощью хлорофилла синтезирует органическое вещество, а гриб доставляет минеральные элементы питания, извлекая их из субстрата.

Лишайники — весьма нетребовательные организмы. Они растут на деревьях, гнилой древесине, бесплодной почве и даже на обнаженных массивах горных пород. Играют существенную роль в почвообразовании. Внедряясь гифами грибов, они не только извлекают элементы пищи из породы, но и разрушают ее. Образующийся мелкозем породы и органические остатки лишайника служат примитивной почвой, на которой затем развиваются высшие зеленые растения.

Почвообитающие животные представлены простейшими — Protozoa (жгутиковые, корненожки, инфузории), более высокоорганизованными (черви, насекомые, их личинки) и роющими позвоночными животными (суслики, хомяки, тушканчики, кроты, полевки и т. д.). В процессе жизнедеятельности они видоизменяют растительную массу и способствуют ее разложению, обогащают почву органическим веществом, образуют в ней ходы и кротовины, которые улучшают проницаемость почвы для осадков и воздуха, изменяют микрорельеф местности (бугорки у нор сусликов, зайбаков и т. д.)

Почвообразующие породы. Образовавшиеся в результате выветривания и видоизмененные процессами денудации и аккумуляции различные продукты разрушения горных пород служат субстратом, на котором впоследствии формируются почвы.

Эти рыхлые поверхностные слои горных пород называются *почвообразующими*, или *материнскими породами*. В зависимости от происхождения и состава на территории нашей страны выделяют несколько основных групп почвообразующих пород.

Моренные, или *гляциальные* (от лат. *glacies* — лед), отложения представлены главным образом основными и конечными моренами. Из-за слабой сортированности отлагаемого материала морены неоднородны по гранулометрическому составу и включают в себя глины, пески, гравий и неравномерно рассеянные в теле морены крупные глыбы, из которых окатанные называют валунами. Однако для основных морен характерно преобладание глинистых частиц, а для конечных — песчаных.

Если в состав отложений входят различные известковые породы, то морену называют карбонатной, в противном случае — бескарбонатной. Морены бескарбонатные, глинистые и содержащие большое количество валунов менее благоприятны для почвообразования и для развития растений.

Водно-ледниковые, или *флювиогляциальные* (от лат. *fluvius* — поток), отложения формируются водяными потоками, возникающими при таянии ледников. Для этих отложений характерны хорошая сортированность и слоистость.

В условиях, когда за отступившим ледником наблюдаются временные спокойные разливы ледниковых вод, покрывающих морены, аккумулируются пылевидные глинистые отложения бурого-желтого цвета. Эти отложения однородны по своему составу и покрывают обычно повышенную часть морены, за что и получили название *покровных суглинков*. Если такие отложения возникли с участием известковых пород, то их называют *лессовидными суглинками*. Покровные и лессовидные суглинки приурочены к моренным и флювиогляциальным наносам.

Озерно-ледниковые отложения аккумулировались на дне приледниковых озер. Они характеризуются правильной слоистостью с чередованием мелкозернистых песчаных и глинистых прослоев, поэтому их называют *ленточными глинами*.

С деятельностью осадков связано возникновение ряда отложений, свойства которых определяются интенсивностью образования временных потоков и рельефом местности. Проникающие в глубь породы осадки увлекают за собой глинистые частицы. В результате на поверхности остаются отложения крупнозернистого и грубообломочного материала, лишенного глинистой фракции. Эти отложения называют *элювием* (от лат. *eluo* — вымываю).

Просачиваясь в рыхловую породу, атмосферные воды увлекают за собой мелкоземистые глинистые частицы, которые на определенной глубине накапливаются и образуют слой отложений, называемых *иллювием* (от лат. *elluo* — вмываю). Однако если осадки

обильны и не успевают полностью просочиться в рухляк, то на поверхности по склону возвышенностей возникает временный водный поток, который называют *делювиальным*. Этот поток захватывается с верхних элементов рельефа различные продукты выветривания горных пород, откладывающиеся в нижних частях склона. По мере падения скорости потока происходит сортировка материала: вначале отлагаются самые крупные обломки, а дальше от подножия склона — более мелкие частицы. Образовавшиеся таким образом отложения называют *делуием* (от лат. deluo — смываю).

В горных районах вследствие резкого паводка, вызванного интенсивными ливнями, бурным снеготаянием и другими причинами, нередко возникают грязевые или грязекаменные потоки. Такие потоки называют *селями*, а их отложения, характеризующиеся плохой сортированностью и наличием галечно-валунного материала, — *пролювием*.

Аллювиальные отложения (от лат. alluvio — нанос) представлены главным образом наносами постоянных и временных водных потоков (рек, ручьев). Они накапливаются в долинах и устьях рек. Эти отложения отличаются хорошей сортированностью и четко выраженной слоистостью. По гранулометрическому составу они однородны и бывают песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые.

Лёсс представляет собой естественно уплотненные отложения тонких пылеватых частиц диаметром от 0,05 до 0,01 мм. Лёссовая порода однородна, неслоиста, пориста (пористость 40—55 %), содержит много карбонатов, светло-желтая или палевая. Лёссовые отложения имеют мощность от нескольких метров до нескольких десятков метров на водоразделах и склонах.

На лёссе и лёссовидных отложениях формируются наиболее плодородные почвы.

Эоловые отложения — продукт накопления перенесенных ветром частиц. Они представлены эоловыми песками дюн, бархан, глинистыми отложениями и т. д. Характерные особенности этих отложений — окатанность песчаных зерен, хорошая отсортированность, слоистость, преобладание в их составе минерала кварца и почти полное отсутствие легкорастворимых соединений.

Морские отложения образовались вследствие наступления моря на сушу (трансгрессия). В качестве почвообразующих пород они встречаются преимущественно на побережье Аральского и Каспийского морей и Северного Ледовитого океана.

Рассмотренные отложения, возникшие в четвертичный период кайнозойской эры, называют *четвертичными*.

К л и м а т. Оказывает на почвообразовательный процесс разнообразное влияние. В условиях длительного теплого периода в рас-

тениях образуется больше органического вещества, но при обилии тепла и влаги происходит интенсивное разложение органических остатков. В тундре, характеризующейся коротким теплым периодом, этот процесс замедлен, что приводит к накоплению растительных остатков в виде слоев торфа.

Обильно выпадающие осадки глубоко промачивают почву и вымывают в ее нижние слои гумус и другие растворимые органические и минеральные соединения, резко изменяя по глубине профиль формирующейся почвы. Нередко часть этих соединений просачивается в грунтовые воды и оказывается навсегда утраченной. В сухом климате грунтовые воды с растворенными в них веществами могут подтягиваться к поверхности почвы. Испаряясь, они оставляют в верхних слоях большое количество растворенных солей, вызывая засоление почв. На почвообразование также влияет количество поступающей на землю солнечной радиации, ослабляющей или ускоряющей течение химических и микробиологических процессов в почве.

Климат зависит от географической широты местности. С этим связано и формирование разнообразных, но определенных для конкретных условий почв, располагающихся по земному шару в виде поясов. Такие пояса получили название *почвенно-климатических*.

На территории России выделены следующие почвенно-климатические пояса: полярный (холодный), бореальный (умеренно холодный), суббореальный (умеренный) и субтропический (умеренно теплый).

Рельеф. Рельеф (от лат. *relievo* — поднимаю) — совокупность поверхностных очертаний земной коры, важнейший фактор почвообразования. Различают макро-, мезо- и микрорельеф.

Макрорельеф характеризует поверхностные очертания суши на протяжении несколько десятков или сотен километров. Разность высот достигает нескольких сотен метров. К нему относятся горные хребты, плато, равнины и т. д.

Мезорельеф представлен водоразделами, долинами рек, гривами, оврагами и другими формами земной поверхности на протяжении десятков или сотен метров при разности высот до 20 м.

Микрорельеф — небольшие впадинки и возвышения диаметром несколько десятков метров; разность высот не более 1 м. Он представлен в виде промоин, западинок, степных блюдеч, бугорков и т. д.

Рельеф оказывает влияние на распределение тепла и влаги. Северные склоны получают меньше тепла, на них медленнее тает снег и образуются слабые потоки вешних вод. На склонах южной экспозиции эти явления выражены более контрастно. Выпадающие на водораздельных выровненных участках осадки в основном

впитываются в почву, со склонов же значительная их часть стекает в понижения, вызывая водную эрозию, переувлажнение и заболачивание пониженных участков.

В степных и засушливых районах на почвообразование существенно влияет и микрорельеф. В западинках и степных блюдцах накапливается излишняя влага, что может сопровождаться развитием, в частности, оглеения, осолодения и засоления формирующихся почв. Это приводит к тому, что на весьма ограниченной территории при одинаковых климатических условиях формируются различные почвы, что и обуславливает комплексность почвенного покрова.

Возраст почв. Формирование почвенного покрова на любой территории суши совмещено со временем. Поэтому в эволюции почв существенную роль играет их возраст.

Различают абсолютный и относительный возраст почв.

Время, прошедшее с момента освобождения территории от ледника или моря до современной стадии развития сформировавшейся на ней почвы, рассматривают как *абсолютный возраст почв*. Черноземные почвы степей можно условно считать более старыми, а почвы тундры — самыми молодыми.

На территории, одновременно освободившейся от ледника, почвообразовательный процесс протекает неодинаково. Поэтому на разных участках, имеющих один абсолютный возраст, почвы находятся на неодинаковых стадиях развития. Различие в стадиях развития почв на территории одного абсолютного возраста называется *относительным возрастом почв*. Его можно наблюдать в областях с резко выраженным рельефом.

Роль производственной деятельности человека. Наряду с природными факторами почвообразования большое влияние на него оказывает хозяйственная деятельность человека.

С развитием общества и изменением социально-экономических условий существования воздействие человека на почву возрастало. Сведение лесов, пастбища, распашка целины, сооружение искусственных водоемов, осушение болот, орошение засушливых земель, посадка защитных лесополос, обработка почвы, внесение удобрений — далеко не полный перечень косвенного или непосредственного воздействия человека на почву.

В процессе производственной деятельности человек резко изменяет природный почвообразовательный процесс: естественная растительность заменяется посевами хозяйственно необходимых культурных растений, ряд неблагоприятных химических свойств почвы устраняют внесением извести или гипса, бедные питательными элементами и гумусом почвы обогащаются ими при внесении удобрений, водный режим почв все более регулируется, улучшаются физические свойства почв, плодородо-

дие повышается. Малоплодородные почвы превращаются в более плодородные.

Однако деятельность человека может оказывать и отрицательное влияние, которое проявляется при бессистемном и примитивном ведении производства. Нерегулируемая производственная деятельность связана с потерей плодородия почвы или даже с полным его уничтожением.

Морфологические признаки почвы. Почва существенно отличается от рухляковой породы не только по составу и свойствам, но и по ряду внешних, или морфологических, признаков.

Основными морфологическими признаками почв являются: строение почвенного профиля, мощность профиля почвы, окраска, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования и включения.

Строение почвенного профиля. Под влиянием почвообразовательного процесса вся почвенная толща дифференцируется на ряд расположенных в определенной последовательности горизонтов, получивших название *генетических* (от греч. genesis — происхождение). Совокупность таких горизонтов, специфических для каждой почвы и различающихся цветом, сложением, структурой и т. д., и характеризует строение почвенного профиля. Его можно хорошо наблюдать на почвенном разрезе, т. е. на вертикальной стенке ямы глубиной 1—1,5 м.

От поверхности почвы вглубь выделяют следующие почвенные генетические горизонты, каждый из которых обозначают определенным символом:

A_0 — лесная подстилка, или дернина, залегает на самой поверхности почвы. Этот горизонт состоит из органических остатков и четко выражен под лесной растительностью (лесной опад) или под степной травянистой растительностью на целинных землях (степной войлок);

A_{II} — пахотный, расположен в верхней части всех обрабатываемых почв;

A_1 — гумусово-аккумулятивный, окрашен темнее, чем другие горизонты. Занимает верхнюю часть профиля почвы и отличается максимальным содержанием гумуса и питательных веществ;

A_2 — элювиальный, характеризуется выщелачиванием из него ряда органических и минеральных соединений. Поэтому он имеет более светлую окраску, чем горизонт A_1 . Элювиальный горизонт присущ подзолистым и дерново-подзолистым почвам, в которых его обычно называют *подзолистым*;

B — иллювиальный, концентрирует выщелачиваемые из верхних горизонтов вещества: гумус, различные минеральные соединения, а также коллоидную фракцию почвы. В ряде почв в зави-

симости от некоторых морфологических признаков этот горизонт подразделяют на B_1 , B_2 и т. д.;

C — материнская порода, нижняя часть профиля, не измененного почвообразовательным процессом. У хорошо развитых почв она отмечается только с глубины 1,5—2,0 м;

D — подстилаящая порода, вычленяется на таких почвах, верхняя и нижняя части профиля которых сформировались на различных породах. Такие почвы называют *двучленными*.

В болотных почвах с четко выраженным слоем торфа выделяют торфяной горизонт — T . На переувлажненных почвах, в которых в результате восстановительных процессов накапливаются закисные соединения железа, придающие почве сизоватую окраску, выделяют глеевый горизонт — G .

Горизонты, совмещающие свойства выше- и нижерасположенных горизонтов, обозначают двойными символами, например A_1A_2 , AB и т. д.

Так как каждая почва формируется в конкретных условиях, в ней не обязательно представлены все названные горизонты.

Мощность почвенного профиля. Характеризуется глубиной от поверхности до материнской породы. Она варьирует от 20—30 см (тундровые почвы) до 150—200 см (черноземы). У генетических горизонтов мощность определяется с указанием их верхних и нижних пределов: A_1 — 0—5 см, A_2 — 5—27 см и т. д.

Окраска почвы и ее горизонтов. Она может быть самой разнообразной, что определяется сочетанием трех цветов: черного, красного и белого, дающих различные оттенки.

Черный цвет обуславливается гумусом почв. С увеличением содержания гумуса окраска почвы изменяется от светло-серой (2—3 % перегноя) до черной (9—12 % перегноя). *Красный цвет* обуславливается соединениями оксидов железа, которые придают почве кирпично-красную, оранжевую или желтую окраску. *Белый цвет* обычно связан с находящимися в почве аморфной кремнекислотой или карбонатом кальция, реже — с каолинитом и гипсом. Гамму *сизовато-голубоватых* оттенков почве придают закисные соединения железа, образующиеся в результате восстановительных процессов в переувлажненных почвах.

Окраске почвы обычно присущи тусклые и сложные тона ввиду взаимного наложения многих цветов. Сухие почвы более светлые, чем влажные.

Гранулометрический состав и структура почвы. Они подробно рассмотрены в соответствующих главах.

Сложение почвы. Характеризуется расположением почвенных частиц и структурных отдельностей. Оно зависит от гранулометрического состава, структуры почвы и ряда других ее свойств. Обычно выделяют следующие состояния почв по их

сложению: рассыпчатое, рыхлое, плотное и очень плотное, или слитное.

Рассыпчатое сложение присуще песчаным или супесчаным почвам, бедным гумусом, способным легко рассыпаться на отдельные частицы.

Рыхлое сложение характерно для пахотных горизонтов структуренных суглинистых и глинистых культурных почв. При обработке такие почвы легко распадаются на структурные отдельности.

Плотное сложение имеют обогащенные коллоидами иллювиальные горизонты тяжелых почв.

Слитное сложение присуще иллювиальным горизонтам солонцов и глинистым бесструктурным почвам.

Новообразования. Представляют собой отложения различных веществ, возникновение которых связано с почвообразовательным процессом. Происхождение их может быть химическое и биологическое.

Химические новообразования отлагаются в виде выцветов легкорастворимых солей, присыпки кремнекислоты по граням структурных отдельностей, прожилок гипса и извести (лжегрибница, псевдомицелий), пятен извести (белоглазка), кристаллов гипса (друзы, ласточкины хвосты), конкреций извести (дутики, журавчики) и оксидов железа и марганца (бобовины, ортштейновые или рудяковые зерна), потеков гумусовых веществ (карманы, языки).

Биологические новообразования представлены в виде экскрементов дождевых червей и личинок насекомых (капролиты), ходов червей и землероющих животных (червоточины и кротовины), сохранившихся следов корней растений (корневины).

Включения. Это предметы, присутствие которых в почве обусловлено непочвообразовательным процессом (кости животных, куски угля, черепки посуды, обломки кирпичей и др.).

1.2. СОСТАВ ПОЧВЫ

Минералогический состав почв и почвообразующих пород. В состав почвообразующих пород и почв входят первичные и вторичные минералы. Первичные минералы входят в состав магматических пород, а в рыхлых породах и почвах они представлены в виде остаточного материала выветривания исходных пород. Вторичные минералы образовались из первичных под воздействием климатических и биологических факторов.

Первичные минералы в почвах представлены преимущественно частицами размером более 0,001 мм. В большинстве почв они преобладают по массе над вторичными минералами.

Наиболее распространенными первичными минералами в породах и почвах являются кварц, полевые шпаты, амфиболы (роговые обманки и пироксены), слюды. Они составляют основную массу магматических пород, средний состав которых следующий (по Ф. У. Кларку): полевые шпаты — 60 %, слюды — 4, прочие минералы — 7 %. В рыхлых породах преобладают кварц (40—60 %) и полевые шпаты (до 20 %), так как они наиболее устойчивы к выветриванию.

От количества первичных минералов (особенно крупнозернистых фракций) зависят агрофизические свойства почв. Первичные минералы являются резервным источником зольных элементов питания растений и образования вторичных минералов.

К *вторичным минералам*, распространенным в почвах и породах, относятся минералы простых солей, гидроксидов и оксидов, глинистые минералы.

Минералы простых солей накапливаются в больших количествах в условиях сухого климата и определяют степень и характер засоления почв. Наибольшее распространение имеют: кальцит (CaCO_3), магнезит (MgCO_3), доломит ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$), сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), галит (NaCl).

Минералы гидроксидов и оксидов образуются в аморфной форме в виде гидратированных высокомолекулярных гелей и постепенно подвергаются дегидратации и кристаллизации. Кристаллизации способствуют высокая температура, заморозание, высушивание, окислительные условия почвы.

К этой группе минералов относятся гидроксиды кремния, алюминия, железа, марганца. Гидроксид кремния ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) по мере старения переходит сначала в твердый гель — опал, а затем в кристаллические формы халцедона и кварца. Гидроксид марганца кристаллизуется в виде минералов пиролюзита, псиломелана.

Гидраты полутораоксидов алюминия и железа, кристаллизуясь, образуют бемит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), гиббсит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), гематит (Fe_2O_3), гетит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Эти минералы встречаются в иллювиальных горизонтах подзолистых, серых лесных почв, почв влажных тропических и субтропических областей (красноземы, ферралиты и др.).

На растворимость гидратов полутораоксидов большое влияние оказывает реакция среды. При $\text{pH} < 5$ в ионную форму переходит алюминий, а при $\text{pH} < 3$ — трехвалентное железо.

Глинистые минералы являются вторичными алюмосиликатами. К наиболее распространенным из них относятся минералы группы монтмориллонита, каолинита, гидрослюд, хлоритов, смешанно-слоистых минералов. Эти минералы входят в состав природных глин, от них они получили название *глинистых минералов*.

Глинистым минералам присущи такие общие свойства, как слоистое кристаллическое строение, высокие дисперсность и поглонительная способность, наличие в них химически связанной воды.

Минералы монтмориллонитовой группы широко распространены в рыхлых породах и почвах, за исключением ферраллитных, кристаллическая решетка минералов подвижна. Во влажном состоянии они сильно набухают, в сухом — уплотняются и растрескиваются; обладают значительной липкостью, слабОВОдопроницаемы, образуют корку. В сочетании с гуминовыми кислотами минералы образуют водопрочные агрегаты.

Минералы каолинитовой группы встречаются в рыхлых породах и почвах в небольшом количестве, кроме ферраллитных, где каолинит является основным глинистым минералом. Каолинит не набухает из-за неподвижной кристаллической решетки, дисперсность его невысокая, беден основаниями.

Гидрослюды широко распространены в почвах. По структуре они подобны монтмориллониту, но связь между пакетами кристаллической решетки прочная, вода в них не проникает. Гидрослюды — важный источник калия для растений. К ним близок минерал вермикулит, характеризующийся расширяющейся решеткой, очень высокой емкостью катионного обмена. Вермикулит часто используют как компонент тепличных грунтов.

Минералы группы хлорита имеют четырехслойную ненабухающую решетку. Они представляют собой алюмосиликаты, содержащие железо, магний, реже другие элементы.

Группа смешанослойных минералов широко распространена в почвах. В их кристаллической решетке наблюдается чередование различных минералов: монтмориллонита с иллитом, вермикулита с хлоритом и др.

Почва наследует минералогический состав почвообразующих пород. Почвообразование существенно не меняет минералогический состав.

Гранулометрический состав. В процессе выветривания горная порода превращается в рыхлую массу, состоящую из частиц различной величины. Эти частицы называются *механическими элементами*. Близкие по размерам частицы объединяют во фракции. Различают три группы механических элементов: минеральные, органические и органоминеральные. Они образуют твердую фазу почвы.

Все механические элементы размером более 0,01 мм называют физическим песком, а менее 0,01 мм — физической глиной.

Различные фракции механических элементов имеют неодинаковые свойства. Каменистая фракция (> 3 мм) состоит из обломков пород и минералов, не обладает связностью, капиллярность и влагоемкость почти отсутствуют, водопроницаемость очень высо-

кая. Илистая фракция (0,001—0,0001 мм) состоит из первичных и вторичных минералов. В ней содержится большое количество зольных элементов, а также гумус. Она отличается высокими связностью, пластичностью и влагоемкостью.

Гранулометрический состав определяется содержанием в почве отдельных фракций механических элементов, выраженных в процентах массы абсолютно сухой почвы.

Принята двучленная классификация почвы по гранулометрическому составу, предложенная Н. А. Качинским. Она построена на учете количественного соотношения в почве физического песка и физической глины (табл. 1).

1. Классификация почв и пород по гранулометрическому составу (по Качинскому)

Краткое название по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (<0,01 мм), %, в почвах		
	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцах и сильносолонцеватых почвах
Песок:			
рыхлый	0—5	0—5	0—5
связный	5—10	5—10	5—10
Супесь	10—20	10—20	10—15
Суглинок:			
легкий	20—30	20—30	15—20
средний	30—40	30—45	20—30
тяжелый	40—50	45—60	30—40
Глина:			
легкая	50—65	60—75	40—50
средняя	65—80	75—85	50—65
тяжелая	>80	>85	>65

В зависимости от величины сопротивления, оказываемого сельскохозяйственным орудиям при обработке, почвы по гранулометрическому составу условно подразделяют на легкие и тяжелые.

Легкие почвы (песчаные и супесчаные) имеют невысокую связность и легко поддаются обработке при минимальных затратах. Они быстро впитывают влагу, хорошо аэрируемы и быстро прогреваются весной. Но эти почвы бесструктурны, мало накапливают гумуса, плохо удерживают влагу, которая, просачиваясь, выносит из корнеобитаемого слоя легкорастворимые соединения элементов питания. Поэтому растения на таких почвах хуже обеспечены влагой и питательными веществами.

Тяжелые почвы (тяжелосуглинистые и глинистые) обладают высокой связностью, оказывают большое сопротивление почвообрабатывающим орудиям, для их обработки требуется больше тяговых усилий.

Эти почвы хорошо удерживают влагу и элементы питания растений, но имеют плохой газообмен с приземным слоем воздуха и низкую водопроницаемость. На поверхности таких почв застаивается вода и образуется почвенная корка. В результате в почве угнетается деятельность аэробных бактерий, приостанавливается минерализация органического вещества, развиваются восстановительные процессы, накапливаются вредные для растений закисные соединения алюминия и железа. Весной из-за сильной переувлажненности тяжелые почвы плохо прогреваются.

В суглинистых почвах сочетаются положительные свойства легких и тяжелых почв, что позволяет на более продолжительное время создать благоприятные тепловой, воздушный, водный режимы и режим питания для многих культурных растений.

Химический состав почв. Минеральная часть почвы в значительной степени обусловлена химическим составом горных пород литосферы. По относительному содержанию отдельных химических элементов наблюдается сходство почвы с литосферой. Как в литосфере, так и в почве на первом месте стоит кислород, на втором — кремний, затем алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний. Восемь названных элементов составляют более 99 % общей массы литосферы (Виноградов). Такие важнейшие элементы питания растений, как углерод, азот, сера, фосфор, занимают десятки и сотые доли процента. Еще меньше в земной коре микроэлементов.

В почве по сравнению с литосферой в 20 раз больше углерода и в 10 раз — азота. Накопление этих элементов в почве связано с жизнедеятельностью почвенной биоты.

В почве больше, чем в литосфере, кислорода, водорода, кремния и меньше алюминия, железа, магния, калия и других элементов, что является следствием процессов выветривания и почвообразования.

Химический состав почв определяется в известной мере гранулометрическим и минералогическим составом. Песчаные почвы, богатые кварцем, состоят преимущественно из кремнезема. Чем тяжелее гранулометрический состав почвы, тем больше в ней высокодисперсных вторичных минералов, а следовательно, и кремнезема, больше полутораоксидов алюминия, железа, химически связанной воды.

Химические элементы находятся в почвах в различных соединениях. Большинство из них входят в состав первичных и вторичных минералов в форме органоминеральных комплексов. Кроме того, кислород, водород, углерод, азот, фосфор, сера входят в состав органического вещества почвы. Основная часть калия находится в составе кристаллической решетки первичных и вторичных минералов в малодоступной для растений форме. Калий содер-

жится в почве также в поглощенном состоянии (обменный и необменный) и в форме простых солей. Источником калия для растений в основном является обменный калий. Необменный калий труднодоступен.

В почве кальций и магний находятся в кристаллической решетке минералов, в обменно-поглощенном состоянии и в форме простых солей.

Основным источником микроэлементов в почвах являются почвообразующие породы. На подвижность микроэлементов в почвах, их аккумуляцию или вынос и доступность растениям влияют реакция почвенной среды (рН), окислительно-восстановительные условия, концентрация CO_2 и органическое вещество почвы. При кислой реакции почв уменьшается подвижность молибдена, но увеличивается подвижность меди, цинка, марганца, кобальта. Некоторые микроэлементы (бор, йод, фтор) подвижны как в кислой, так и в щелочной средах.

Органическое вещество почвы. Источники органического вещества. К ним относятся остатки растений, микроорганизмов и почвенных животных, а также прижизненные продукты метаболизма живых организмов.

Количество органических остатков и их качественный состав неодинаковы у различных групп организмов. Так, общее количество сухого вещества лесной подстилки под хвойными и лиственными лесами достигает 10—20 т/га, а их ежегодный опад в зависимости от вида насаждения не превышает 3—6 т/га. Под травянистыми растениями сухих органических остатков накапливается 9—32 т/га, а ежегодно поступает нередко 11—18 т/га. Большую часть попадающей в почву органической массы травянистых растений составляет корневая система, которая отмирает в почве.

Источником органического вещества служат и почвенные микроорганизмы. Количество их в 1 г почвы колеблется от 0,3 до 3 млрд. За вегетационный период с отмершими микробами в почву поступает сухого органического вещества 0,6—1,3 т/га. Небольшое количество органического вещества (0,1—0,2 т/га сухой массы) попадает в почву при отмирании почвообитающих животных, а основным источником поступления его в почву являются зеленые растения.

Попадающие в почву органические остатки содержат 10—25 % сухих веществ и 75—90 % воды. Химический состав сухих веществ разнообразен и представлен преимущественно следующими группами соединений: азотистые вещества (белки, хлорофилл, алкалоиды), углеводы (клетчатка, гемицеллюлоза, крахмал, инулин, хитин, пектины и др.), лигнин, липиды (жиры, воск), смолы, дубильные вещества и зола.

В органическом веществе большинства организмов, кроме бактерий, преобладают углеводы. Основную массу бактерий составляют белковые вещества.

Травы более богаты белками, а древесные растения содержат больше лигнина, липидов и дубильных веществ, поэтому разложение лесной подстилки происходит значительно медленнее, чем остатков травянистых растений.

В тело организмов, кроме того, входят зольные элементы, остающиеся в виде золы после сжигания органической массы. Содержание золы в теле организмов невелико и составляет в среднем около 5 %, однако в водорослях, травах и бактериях оно в несколько раз выше, чем в древеснистых растениях. Этим, в частности, и объясняется тот факт, что почвы, сформировавшиеся под древеснистой растительной формацией, содержат меньше зольных элементов, чем образовавшиеся под травянистыми растениями. Эти различия по содержанию органического вещества древеснистых и травянистых растений отражаются на количественном и качественном составе гумуса.

Органические остатки, поступающие в почву, подвергаются сложным и разнообразным процессам превращения. Эти процессы, биохимические по природе, осуществляются под воздействием микроорганизмов, почвообитающих животных, воздуха и воды.

В результате сложные соединения исходной органической массы распадаются на более простые, промежуточные продукты. Белки, например, расщепляются на пептиды и аминокислоты, жиры — на глицерин и жирные кислоты, углеводы — на моносахара и органические кислоты.

В дальнейшем часть промежуточных продуктов разложения полностью минерализуется автотрофными микроорганизмами. Большинство конечных продуктов минерализации в виде газообразных и растворимых в воде соединений (CO_2 , NH_3 , NO_3 , CaO , K_2O и др.) снова может усваиваться растениями.

Другая часть промежуточных продуктов разложения используется гетеротрофными микроорганизмами для питания. В результате вновь образуются вторичные органические соединения в виде белков, углеводов, жиров и т. д. Этот процесс называется *микробным синтезом*. После отмирания гетеротрофных организмов их тела вновь подвергаются разложению.

Третья часть промежуточных продуктов разложения включается в реакции окисления, поликонденсации и полимеризации, происходящие вне клеток микроорганизмов при участии выделяемых ими ферментов. При этом образуются более сложные органические соединения, которые отсутствовали как в первичных органических остатках, так и в продуктах микробного синтеза. Эти соединения называют *гумусовыми веществами*, а процесс их образования — *гумификацией*. Устойчивость гумусовых веществ к

разложению микроорганизмами и обуславливает возможность их накопления в почве при благоприятных условиях.

Образующиеся при разложении органических остатков различные органические соединения могут взаимодействовать с минеральной частью почвы. Возникают органоминеральные вещества. В почве они представлены солями высокомолекулярных кислот, соединениями гумусовых веществ с глинистыми минералами, золями и гелями высокомолекулярных соединений коллоидной природы органических кислот с гидратами оксидов железа и алюминия и другими образованиями.

Состав органического вещества почвы. В состав органического вещества почвы входят две группы соединений: органические остатки и гумус.

Неразложившиеся *органические остатки* составляют не более 5—10 % общей массы.

Гумус — сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков и продуктов жизнедеятельности живых организмов. В составе гумуса различают неспецифические органические соединения (промежуточные продукты распада и гумификации) и специфические гумусовые вещества.

Неспецифические органические соединения — это органические вещества, поступающие в почву из разложившихся растительных и животных остатков, с прижизненными выделениями корней, микроорганизмов и почвенных животных. К ним относятся лигнин, целлюлоза, белки, липиды, углеводы и др.

При дальнейшей трансформации этих соединений образуются промежуточные продукты разложения и гумификации, которые включают аминокислоты, моносахара, органические кислоты, полифенолы, спирты и др. Зачастую эти соединения объединяют в одну группу с неспецифическими органическими соединениями, которые частично усваиваются микроорганизмами, распадаются до конечных продуктов, а часть включается в процесс гумификации и трансформируется в специфические гумусовые вещества.

Специфические гумусовые вещества представлены гумусовыми кислотами, негидролизуемым остатком и прогуминовыми веществами.

Негидролизуемый остаток (гумин) представляет собой часть гумуса почвы, которая не растворяется в щелочах, кислотах и органических растворителях. Он включает гумусовые кислоты, прочно связанные с минеральной частью, в первую очередь с глинистыми минералами.

Прогуминовые вещества характеризуются как «молодые» гуминоподобные продукты, во многом сходные с промежуточными продуктами распада органических остатков.

Среди специфических гуминовых веществ важное место занимают *гумусовые кислоты*, которые представляют собой азотсодержащие высокомолекулярные органические соединения циклического строения и кислотной природы.

В состав гумусовых кислот входят гуминовые кислоты, фульвокислоты и гиматомелановые кислоты.

Гуминовые кислоты представляют собой темноокрашенные высокомолекулярные азотсодержащие вещества органической природы, образующиеся при разложении отмерших растений и гумификации. В их состав входят углерод (52—62 %), кислород (31—39 %), водород (2,5—5,8 %), азот (2,0—6,0 %), а также небольшое количество зольных элементов (P, S, Fe, Al).

Молекулярная масса гуминовых кислот колеблется от 5 тыс. до 65 тыс. Для большей части молекул характерна масса от 20 тыс. до 80 тыс. В воде они практически нерастворимы, но хорошо растворяются даже в слабых растворах щелочей.

В почве основная масса гуминовых кислот находится в виде гелей, меньшая часть — в форме коллоидных растворов и лишь ничтожное их количество образует истинные растворы в воде. Гуминовые кислоты обладают высокой поглотительной способностью, которая может достигать 400—900 мг-экв/100 г вещества. Этим в значительной мере и объясняются многие поглотительные свойства почв, богатых гумусом.

При взаимодействии с катионами минеральной части почвы гуминовые кислоты дают соли, называемые *гуматами*. Гуматы одновалентных катионов (K^+ , Na^+ и NH_4^+) плохо закрепляются в почве, так как хорошо растворяются в воде и в форме коллоидных (золи) и истинных растворов могут выщелачиваться осадками.

Гуматы двух- и трехвалентных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+}) нерастворимы в воде. В почве они накапливаются в виде необратимых коллоидных осадков (гели), которые склеивают отдельные частички почвы. При высыхании эти частички цементируются в агрегаты и образуют водопрочную структуру почвы, характерную для наиболее плодородных черноземных почв.

Фульвокислоты (от лат. *fulvus* — желтый) представляют собой светлоокрашенные высокомолекулярные азотсодержащие кислоты. В их состав входят углерод (36—45 %), кислород (40—50 %), водород (3—6 %), азот (2—6 %). Молекулярная масса фульвокислот колеблется от 200—300 до 30—70 тыс., чаще всего они представлены фракциями с массой 4—15 тыс.

Фульвокислоты хорошо растворяются в растворах кислот, щелочей и в воде. С катионами ряда металлов они образуют соли, называемые *фульватами*. Фульваты K, Na, NH_3 , Ca, Mg растворимы в воде, тогда как при взаимодействии фульвокислот с катионами Al и Fe могут возникать как растворимые, так и нераствори-

мые, выпадающие в осадок солеобразные комплексы. Ввиду хорошей растворимости в воде фульвокислоты и их соли практически не закрепляются в почве, а легко вымываются осадками в ее нижние горизонты и в грунтовые воды.

Растворы фульвокислот в воде сильнокислые (рН 2,6—2,8). Просачиваясь вглубь, фульвокислоты могут интенсивно разрушать минеральную часть почвы, что сопровождается развитием подзолообразовательного процесса и снижением плодородия почвы. Это наблюдается на почвах, бедных основаниями, в частности кальцием. Напротив, на почвах, формирующихся на карбонатной породе, фульвокислоты нейтрализуются основаниями и накапливаются, способствуя повышению их плодородия.

Следовательно, две основные группы гумусовых веществ, близкие по происхождению и элементарному составу, при определенных условиях могут по-разному влиять на плодородие почв.

Гиматомелановые кислоты по своим свойствам занимают промежуточное положение между гуминовыми и фульвокислотами. Гиматомелановые кислоты имеют следующий элементарный состав: С — 58—64 %; Н — 2,0—2,5; О — 25—35 %. В отличие от гуминовых кислот в них больше углерода и водорода, а также в 2 раза больше углеводных фрагментов. Молекулярная масса гиматомелановых кислот находится в пределах 40—60 тыс. По отношению к растворителям они аналогичны гуминовым кислотам, однако в отличие от последних растворимы в органических растворителях: метилом и этиловом спиртах, бензоле и др.

Рассматриваемые группы гумусовых веществ могут вступать во взаимодействие не только с минеральной частью почвы, но и друг с другом. Поэтому наличие достаточных количеств гумусовых кислот может изменить характер почвообразовательного процесса и ослабить отрицательное действие фульвокислот на плодородие почвы.

Гумусовые вещества оказывают разностороннее влияние на протекающие в почве процессы и на приобретение почвой важнейших агрономически ценных свойств.

Накопление гумуса, особенно его темноокрашенных фракций, сопровождается увеличением поглотительной способности почвы и образованием водопрочной структуры. Чем выше содержание перегноя в почве, тем она богаче микрофлорой и интенсивнее протекающие в ней биохимические процессы.

Гумус почвы — важнейший источник азота и других элементов питания растений. При накоплении гумуса происходит биологическая аккумуляция этих элементов в почве, а при его разложении они постепенно высвобождаются и в форме минеральных соединений усваиваются растениями. Одновременно в процессе минерализации гумуса выделяется большое количество диоксида угле-

рода, который служит источником углеродного питания растений. Следовательно, содержание гумуса — один из существенных показателей плодородия почвы, оно регулируется главным образом изменением количества поступающей органической массы и физико-химических свойств почвы. Возделывание культур, оставляющих в почве много растительных остатков (клевер и др.), и внесение высоких доз органических удобрений способствуют накоплению гумуса в почве.

Физические и химические свойства почвы определяют интенсивность синтеза и разрушения гумуса. Лучшие условия для образования и накопления гумуса складываются на суглинистых и глинистых почвах, хорошо аэрируемых и достаточно увлажненных, богатых карбонатами и имеющих близкую к нейтральной реакцию.

1.3. СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Структура почвы. Механические элементы почвы находятся в двух различных состояниях: агрегированы в комочки (структурное состояние) или располагаются разобщенно (раздельно-частичное состояние). В соответствии с этим различают почвы структурные и бесструктурные.

Способность почвы распадаться при обработке на комочки, или агрегаты, различной величины и формы называется *структурностью*, а образовавшиеся комочки — *структурой*. В зависимости от величины агрегатов различают глыбистую структуру (комочки > 10 мм), макроструктуру (10,0—0,25 мм) и микроструктуру (< 0,25 мм).

Наиболее распространены следующие формы структурных агрегатов: зернистая, комковатая, глыбистая, пылеватая.

Зернистая — имеет более или менее правильную форму с диаметром отдельностей от 0,5 до 5 мм. Она присуща богатым гумусом почвам и наиболее ярко выражена под травянистой растительностью (дерновые и черноземные почвы).

Комковатая — характеризуется неправильной округлой формой, диаметр агрегатов от 0,25 до 10 мм. В ней выделяют мелкокомковатую структуру с размером комочков 0,25—1,00 мм. Комковатая структура менее водопроочна, чем зернистая, она типична для многих целинных и пахотных земель.

Глыбистая — неправильной формы, диаметр агрегатов 10—100 мм и более. Она возникает при сильном пересыхании и последующем растрескивании солонцов, а также характерна для большинства пахотных земель, вспашку которых проводят при их сильном иссушении или переувлажнении. При такой структуре плодородие почвы снижается.

Пылеватая — имеет комочки размером менее 0,25 мм. На пахотных землях она образуется при многократных обработках иссушенного пахотного слоя. Почвы с такой структурой обладают отрицательными свойствами бесструктурных почв.

В агрономическом отношении для пахотных земель наиболее ценны зернистая и комковатая структуры с диаметром агрегатов от 0,25 до 10 мм (макроструктура). Такие структурные комочки помимо механической прочности обладают и лучшей водопрочностью.

Под *водопрочностью* понимают способность агрегатов противостоять размывающему действию воды. Однако водопрочность не следует отождествлять с механической прочностью. Например, связные почвы не обладают водопрочностью.

Структурные почвы имеют хорошо развитую некапиллярную и капиллярную пористость. В таких почвах даже после сильного увлажнения влага удерживается внутри агрегатных пор, а межагрегатные поры заняты воздухом. Одновременное содержание в почве воздуха и влаги создает благоприятные условия для жизнедеятельности корней растений и аэробных микроорганизмов, обеспечивая снабжение растений элементами азотного и зольного питания. Структурные почвы при сильном увлажнении не заплывают и лучше сохраняют воду, так как в них резко ослаблен подток ее к поверхности из-за отсутствия сплошной капиллярной сети. Они не требуют больших усилий при обработке и хорошо противостоят водной и ветровой дефляции.

Процесс образования водопрочной структуры протекает при участии травянистых растений. Наиболее интенсивно он выражен под луговыми растениями, которые пронизывают почву густой сетью корней, расчлняя ее на мелкие отдельные части. При разложении накапливающейся массы отмерших корней образуется свежий (деятельный) гумус, который постепенно пропитывает почвенные комочки. В почве соединения кальция и магния коагулируют его и переводят в нерастворимое состояние. Свежеосажденный гумус при высыхании или промораживании почвы прочно цементирует механические элементы и агрегаты и придает им высокую водопрочность. Следовательно, травянистые растения играют существенную роль в увеличении водопрочности создаваемой структуры почвы. Наиболее высокой водопрочностью обладают черноземные почвы, в формировании которых определяющее значение принадлежит травянистым растениям.

Однако на обрабатываемых почвах структура не только создается, но и разрушается. Выделяют три группы причин, вызывающих утрату почвой структуры: механические, физико-химические и биологические.

Механические причины связаны с движением по полю сельскохозяйственных машин и орудий, обработкой почвы, прогоном скота, механическим воздействием капель дождя и др.

Физико-химическое разрушение наблюдается при вымывании из почвы Ca^{2+} и Mg^{2+} и замене их одновалентными катионами, которые вызывают диспергирование почвенной структуры.

Биологические причины связаны с жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов. Они используют гумус как источник энергии и питания и постепенно разрушают его.

Для сохранения и улучшения структуры почвы проводят ее рациональную обработку в состоянии физической спелости, высевают улучшающие почвенную структуру многолетние травы, вносят в достаточном количестве органические и минеральные удобрения, используют искусственные структурообразователи (битумы, крилиумы и др.).

Физические свойства почвы. К ним относятся плотность твердой фазы, плотность и пористость почвы.

Плотность твердой фазы почвы — это отношение массы твердой фазы почвы к массе воды в том же объеме при температуре 4 °С.

Плотность почвы зависит от количественного соотношения в твердой фазе минеральных и органических частиц. Так как плотность органического вещества колеблется от 1,25 до 1,8, а минералов — от 2,3 до 3 и более, то плотность бедных органическим веществом почв больше (2,6—2,7), чем сильногумусированных (2,4—2,6).

Плотность почвы — масса 1 см³ абсолютно сухой почвы в граммах при естественном сложении. Плотность почвы всегда меньше плотности ее твердой фазы, так как заполняющий поры воздух имеет ничтожную плотность по сравнению с твердой фазой.

Плотность минеральной почвы достигает в пахотном слое 1,0—1,7 г/см³ и снижается до 0,24—0,50 г/см³ у торфяных почв. Обработка позволяет существенно изменить эту величину.

Под *общей пористостью* почвы понимают суммарный объем всех пор и промежутков между почвенными частицами, выраженный в процентах объема почвы.

Пористость зависит от состава и сложения почв. Так, в нижних горизонтах минеральных почв она составляет около 35—45 %, в пахотном слое может повышаться до 55—70 %. Высокой пористостью обладают почвы, богатые гумусом, структурные (55—65 %) и особенно торфяные. У бедных органическим веществом и бесструктурных почв она равна 40—45 % и менее.

Сумма объемов всех капиллярных промежутков образует *капиллярную пористость*, а некапиллярных промежутков — *некапиллярную*. На структурных почвах эти виды пористости нередко называ-

ют соответственно *внутриагрегатной* и *межагрегатной пористостью*. Достаточное количество некапиллярных промежутков обуславливает хороший газообмен почвы с атмосферным воздухом и улучшает проникновение воды, которая впитывается и задерживается в капиллярных порах.

Величина общей пористости и соотношение объемов некапиллярных и капиллярных пор характеризуют строение почвы. Наиболее благоприятным строением обладает пахотный слой почвы; его общая пористость составляет не менее 50—55 %. При этом не менее $\frac{1}{3}$ ее должно приходиться на некапиллярные промежутки. Такое строение складывается на почвах с агрономически ценной структурой.

Физико-механические свойства почвы. К ним относятся: пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость и удельное сопротивление.

Пластичность — способность почвы изменять свою форму под влиянием какой-либо внешней силы без нарушения целостности и сохранять приданную форму после устранения этой силы. Плотность проявляется только во влажном состоянии почвы. В зависимости от степени увлажнения характер пластичности изменяется от верхнего предела (нижней границы текучести) до нижнего предела пластичности, когда почву можно раскатать в жгут диаметром 3 мм без образования в нем разрывов.

В зависимости от гранулометрического состава почвы обладают различной степенью пластичности: глинистые — высокопластичные, суглинистые — пластичные, супесчаные — слабопластичные, песчаные — непластичные.

Существенное влияние на пластичность оказывают также состав коллоидной фракции почвы, состав поглощенных катионов и содержание гумуса. Наибольшей пластичностью отличаются солонцовые глинистые почвы, содержащие 25—30 % и больше обменного натрия от емкости поглощения, наименьшей — почвы, насыщенные кальцием и магнием. При высоком содержании гумуса пластичность почвы уменьшается.

Липкость — способность влажной почвы прилипать к соприкасающимся с ней предметам. В результате прилипания почвы к рабочим органам сельскохозяйственных машин и орудий увеличивается тяговое сопротивление и ухудшается качество обработки почвы.

Величина липкости определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки от влажной почвы. Липкость выражается в граммах на 1 см². Она проявляется при увлажнении почвы, приближающемся к верхнему пределу пластичности.

Липкость зависит от состава поглощенных оснований почвы. Увеличение степени насыщенности почвы кальцием способствует

снижению величины прилипания, тогда как с возрастанием насыщенности натрием липкость почвы резко увеличивается.

На прилипание существенно влияет гранулометрический состав почвы: у глинистых почв липкость наиболее значительна, у песка она наименьшая. Н. А. Качинский разделяет почвы по липкости на предельно вязкие (> 15 г/см²), сильновязкие (5—15 г/см²), средневязкие (2—5 г/см²), слабовязкие (< 2 г/см²).

С липкостью непосредственно связано такое важное агрономическое свойство, как физическая спелость почвы. Когда почва при обработке не прилипает к сельскохозяйственным орудиям и способна крошиться на комки, такое состояние влажности отвечает физической спелости. Нижний предел влажности, при котором почва находится в состоянии спелости, различен. Он зависит от гранулометрического состава, поглощенных оснований и гумусированности почв. Весной раньше других поспевают к обработке песчаные и супесчаные почвы. Наиболее пластичные глинистые солонцовые почвы поддаются обработке при меньшем увлажнении, чем почвы несолонцеватые. Более гумусированные почвы пригодны для обработки весной раньше, чем малогумусные.

Набухание — увеличение объема почвы при увлажнении. Оно присуще почвам, содержащим большое количество коллоидов, и объясняется связыванием тонкими частицами почвы молекул воды. Набухание выражают в процентах.

Набухание тесно связано с составом глинистых минералов почвы. Минералы монтмориллонитовой группы с расширяющейся кристаллической решеткой обладают наибольшей набухаемостью, минералы каолинитовой группы — наименьшей. Органические коллоиды при увлажнении сильно увеличиваются в объеме.

Большое влияние на набухание оказывает состав обменных катионов почв. При насыщении почв одновалентными основаниями (особенно натрием) набухание достигает 150 %, тогда как при насыщении почв двух- и трехвалентными катионами значительного увеличения в объеме при набухании не наблюдается.

Усадка — сокращение объема почвы при высыхании. Величина усадки обусловлена теми же факторами, что и набухание. Чем больше набухание, тем сильнее усадка почвы. Усадка измеряется в объемных процентах по отношению к исходному объему. При сильной усадке в почве образуются многочисленные трещины, происходит разрыв корней растений, усиливается физическое испарение влаги.

Связность — способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Она вызывается силами сцепления между частицами почвы. Степень сцепления обусловлена гранулометрическим и минералогическим

составом, структурным состоянием почвы, влажностью и характером ее сельскохозяйственного использования.

Наибольшей связностью характеризуются глинистые почвы, наименьшей — песчаные. Малоструктурные почвы в сухом состоянии имеют максимальную связность. Выражается она в $\text{кг}/\text{см}^2$.

Твердость — свойство почвы в естественном сложении сопротивляться сжатию и расклиниванию. Она определяется твердотелами и выражается в $\text{кг}/\text{см}^2$.

При высокой степени твердости требуется больше энергетических затрат на обработку почвы, затрудняется прорастание семян, корни плохо проникают в почву. Почвы со значительной твердостью хуже пропускают влагу и воздух, что создает неблагоприятные условия для роста и развития растений.

Твердость почвы зависит от ее увлажнения и структуры. Распыленная почва при высыхании оказывает значительно большее механическое сопротивление, чем комковато-зернистая.

Хорошо гумусированные почвы, насыщенные двухвалентными катионами, имеют меньшую твердость, чем малогумусные. На твердость почвы и ее связность оказывает влияние гранулометрический состав.

Удельное сопротивление — усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Удельным сопротивлением обуславливается величина силы тяги при обработке почвы. Выражается удельное сопротивление в $\text{кг}/\text{см}^2$. В зависимости от гранулометрического состава, физических свойств, влажности оно изменяется от 0,2 до 1,2 $\text{кг}/\text{см}^2$. Наименьшим удельным сопротивлением характеризуются супесчаные и песчаные почвы, наибольшим — тяжелосуглинистые и глинистые почвы солонцового типа. На удельное сопротивление существенно влияет увлажнение почвы. Максимального значения оно достигает при влажности, близкой к устойчивому завяданию растений, минимального — при средней увлажненности почвы.

При обработке целинных и залежных земель удельное сопротивление возрастает на 45—50 % по сравнению со старопахотными почвами. Под зерновыми культурами и многолетними травами оно значительно больше, чем под пропашными. Почвы с хорошей структурой при прочих равных условиях оказывают меньшее сопротивление при обработке, чем бесструктурные.

Общие физические и физико-механические свойства почв могут изменяться при земледельческом использовании их в результате технологического, химического, биологического и мелиоративного воздействий.

Водные свойства почв. Важнейшими водными свойствами почв являются водоудерживающая способность, водопроницаемость и водоподъемная способность.

Водоудерживающая способность — свойство почвы удерживать то или иное количество воды, обусловленное действием сорбционных и капиллярных сил. Она зависит от гранулометрического, минералогического и химического состава почвы, а также от гумусированности.

Свойство почвы сорбировать парообразную влагу называется *гигроскопичностью*, а поглощенная влага — *гигроскопической*. Чем больше воздух насыщен парами воды, тем больше ее поглощается почвой. При низкой относительной влажности воздуха (20—40 %) образуется монослой сорбированной влаги, а при 100%-ной влажности почва насыщается водой до величины, называемой *максимальной гигроскопичностью*.

Почва, насыщенная влагой до состояния максимальной гигроскопичности, при соприкосновении с водой сохраняет способность притягивать новые порции ее. Такая сортированная влага удерживается почвенными частицами с меньшей силой, чем гигроскопическая, поэтому она получила название *рыхлосвязанной воды*.

Вследствие сорбции парообразной и жидкой влаги на поверхности почвенных частиц образуется водная оболочка. Непосредственно к почвенным частицам примыкает *прочносвязанная влага* слоем около двух диаметров молекул воды (Роде). Остальная оболочка толщиной в десятки молекулярных диаметров состоит из рыхлосвязанной влаги, удерживаемой силами последовательной ориентации диполей воды.

Важной гидрологической характеристикой является влажность устойчивого завядания растений. Ее можно определить прямым методом в опытах с растениями, но чаще ее устанавливают расчетным путем, умножая показатель максимальной гигроскопичности на коэффициент 1,5. Влажность устойчивого завядания зависит главным образом от максимальной гигроскопичности, гранулометрического состава, плотности почвы, состава поглощенных катионов, засоленности.

С увеличением плотности почвы величина влажности устойчивого завядания значительно повышается, особенно в тяжелых по гранулометрическому составу почвах. Влажность устойчивого завядания зависит не только от свойств почвы, но и от биологических особенностей растений и их возраста.

Влагоемкость — количество воды, характеризующее водоудерживающую способность почвы.

В зависимости от сил, удерживающих влагу в почвах, различают максимальную адсорбционную, капиллярную, наименьшую (предельную полевую) и полную влагоемкость.

Максимальная адсорбционная влагоемкость — наибольшее количество прочносвязанной воды, удерживаемое сорбционными силами.

Капиллярная влагоемкость — максимальное количество влаги, удерживаемой в слое почвы над уровнем грунтовых вод капиллярными силами. Она выражается в процентах от массы или объема почвы. Величина ее обусловлена общей и капиллярной пористостью и плотностью почвы. С капиллярной влагоемкостью связано понятие «капиллярная кайма» — это слой почвы, содержащий капиллярно-подпертую влагу между уровнем грунтовых вод и верхней границей смачивания.

Наименьшая влагоемкость — наибольшее количество влаги, которое может удерживать почва после стекания избыточной влаги, поступающей с поверхности почвы, при отсутствии подпора грунтовых вод. Она зависит от гранулометрического состава, структуры и плотности почвы. В хорошо оструктуренных тяжелосуглинистых почвах наименьшая влагоемкость составляет 30—45 %, в легко- и среднесуглинистых — 20—30, в песчаных и супесчаных — 5—20 %.

Полная влагоемкость — наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех пор. Она меньше общей порозности примерно на 5—8 %, так как этот объем пор заполнен зашемленным почвенным воздухом. При полной влагоемкости, если отсутствует водоупорный слой и влага в почве не подпирается грунтовыми водами, из крупных пор она передвигается под действием гравитационных сил в глубокие горизонты. Разница между полной и наименьшей влагоемкостью называется *максимальной водоотдачей*.

Водопроницаемость — способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости: впитывание и фильтрацию. Если поры почвы заполнены водой лишь частично, то при поступлении воды она впитывается в толщу почвогрунта. При полном насыщении пор водой происходит фильтрация, т. е. движение в условиях сплошного потока жидкости. Фильтрация может проявляться лишь при выпадении большого количества осадков, снеготаянии или при орошении большими нормами.

Водопроницаемость сильно меняется по профилю почвы в зависимости от различий в гранулометрическом составе отдельных слоев. Если почвы развиты на легких породах, подстилаемых тяжелыми отложениями, водопроницаемость резко снижается в подстилающей породе. На тяжелых породах, залегающих на песчаных отложениях, водопроницаемость, наоборот, сильно возрастает в нижнем слое.

Водоподъемная способность — свойство почвы вызывать капиллярный подъем влаги. Стенки почвенных капилляров хорошо смачиваются водой, поэтому в них создаются вогнутые мениски, на поверхности которых развивается поверхностное натяжение.

Величина его зависит от радиуса капилляров. Водоподъемная способность определяется агрегатностью, гранулометрическим составом и сложением почвы, обуславливающими ее пористость. Чем тоньше поры почвы, тем выше поднимается в них вода. Это правило нарушается в плотных тяжелых почвах, в которых высота капиллярного подъема уменьшается из-за заполнения поровых пространств связанной водой. Максимальная высота капиллярного подъема для песчаных почв 0,5—0,7 м, для суглинистых — 3—6 м.

Большое значение, кроме высоты капиллярного поднятия, имеет скорость этого процесса. Она в значительной степени зависит от радиуса капилляров почвы, а также от вязкости воды, обуславливаемой ее температурой. Если высота капиллярного подъема с уменьшением радиуса капилляров возрастает, то скорость подъема уменьшается.

Скорость капиллярного подъема неодинакова: по мере поднятия капиллярной влаги скорость передвижения ее уменьшается.

Воздушные свойства почвы. К ним относятся воздухоемкость и воздухопроницаемость. *Воздухоемкость почвы* — объем почвенных пор, занятый воздухом при данной влажности. Почвенный воздух занимает все поры почвы, в которых нет воды. Следовательно, количество его зависит от пористости и влажности. Чем выше пористость и меньше влажность почвы, тем больше в ней воздуха. Воздухоемкость обеспечивает нормальную аэрацию почв, если ее величина превышает 15 % объема почв.

Воздухопроницаемость — способность почвы пропускать через себя воздух. Она является неперменным условием газообмена между почвой и атмосферным воздухом. Воздух в почве передвигается по порам, не заполненным водой и не изолированным друг от друга. Чем крупнее поры аэрации, тем лучше воздухопроницаемость. В структурных почвах, где наряду с капиллярными порами достаточно много крупных некапиллярных пор, создаются наиболее благоприятные условия для воздухопроницаемости.

В почвенном воздухе по сравнению с атмосферным меньше кислорода и больше диоксида углерода. Количество азота может уменьшаться в результате связывания его свободноживущими азотфиксирующими микроорганизмами, клубеньковыми бактериями или увеличиваться вследствие распада белков и денитрификации азотсодержащих веществ под действием микроорганизмов.

Содержание кислорода и диоксида углерода в почвенном воздухе сильно колеблется. В верхних, хорошо аэрируемых горизонтах почвы кислорода ненамного меньше, чем в атмосферном воздухе. В почвах с затрудненным газообменом количество кислорода может снижаться до десятых и сотых долей процента, при этом концентрация диоксида углерода может превышать в сотни раз содержание его в атмосфере и составляет более 20 %. Различная

концентрация кислорода и диоксида углерода в почвенном воздухе определяется интенсивностью потребления кислорода и продуцирования диоксида углерода, а также скоростью газообмена между почвенным и атмосферным воздухом.

Тепловые свойства почв. К ним относятся: теплопоглощительная (теплоотражательная) способность, теплоемкость и теплопроводность почв.

Теплопоглощительная (теплоотражательная) способность почв — это способность почв поглощать (отражать) долю падающей на ее поверхность солнечной радиации. Она характеризуется значением альbedo-долей коротковолновой солнечной радиации, отражаемой поверхностью почв, выраженной в процентах к общей солнечной радиации. Чем меньше альbedo, тем больше почва поглощает солнечной энергии. Альbedo зависит от цвета, влажности почвы, ровности поверхности, характера растительного покрова.

Чернозем сухой имеет показатель альbedo 14 %, влажный — 8, песок белый сухой — 25—30, серый сухой — 15—18, влажный — 10—12 %.

Теплоемкость — свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством теплоты, необходимым для нагревания на 1 °С единицы массы почвы (удельная) или единицы объема (объемная). Теплоемкость зависит в основном от влажности, содержания органического вещества, пористости аэрации. Наиболее высокая теплоемкость у воды.

Для повышения температуры влажной почвы требуется больше теплоты, чем для сухой. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются. Глинистые, тяжелосуглинистые и торфяные почвы весной содержат много влаги, медленнее прогреваются по сравнению с более сухими песчаными и супесчаными почвами, поэтому их называют холодными. Осенью наблюдается обратная картина: легкие почвы быстрее охлаждаются, а тяжелые и торфяные — медленнее.

Теплопроводность — способность почвы проводить тепло. Она измеряется количеством тепла в Джоулях, которое проходит за 1 с через 1 см² слоя почвы толщиной 1 см. Минимальной теплопроводностью обладает воздух, более высокой — органическое вещество (гумус, торф), вода. Самая высокая теплопроводность у минеральной части почвы. Она в 100 раз выше, чем у воздуха, и примерно в 20 раз выше, чем у воды.

Теплопроводность плотных и влажных почв выше, чем рыхлых, хорошо оструктуренных и сухих.

Реакция почвенного раствора. Реакция зависит от содержания в растворе свободных ионов водорода (H⁺) и гидроксидов (OH⁻). Концентрация ионов обусловлена находящимися в растворе органическими и минеральными кислотами, основаниями, кис-

лыми и основными солями, а также степенью диссоциации этих соединений.

Реакция почв измеряется десятичным логарифмом концентрации ионов водорода и обозначается символом рН, который изменяется от 1 до 14. Водные растворы, у которых рН равен 7, называют нейтральными, менее 7 — кислыми, более 7 — щелочными.

По величине рН водной вытяжки почвы подразделяются: на сильнокислые — рН < 4,0; кислые — 4,0—5,5; слабокислые — 5,5—6,5; нейтральные — 6,5—7,0; щелочные 7,0—8,0; сильнощелочные — рН > 8,0.

Сильнокислую и кислую реакции имеют подзолистые, дерново-подзолистые, торфяные почвы и красноземы. Слабокислая и близкая к нейтральной реакция почвенного раствора характерна для серых лесных и черноземных почв, тогда как каштановые почвы, сероземы и солонцы имеют щелочную реакцию.

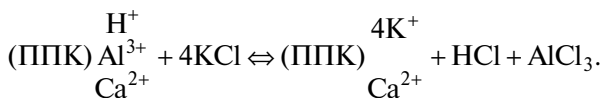
Основной источник кислотности почв — фульвокислоты, наибольшее количество которых в естественных условиях возникает при грибном разложении лесной подстилки, особенно хвойных пород. Кислотность почв повышается также от присутствия органических (гуминовые, уксусная, янтарная, шавелевая, акриловая и др.) и минеральных (угольная, азотная, соляная и т. д.) кислот, образующихся в почве в результате аэробных процессов разложения растительных остатков или накапливающихся при внесении физиологически кислых удобрений.

Кислотность почв вызывается присутствием ионов водорода и подразделяется на актуальную и потенциальную.

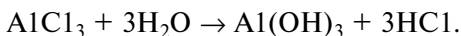
Актуальная, или активная, кислотность обусловлена концентрацией свободных ионов водорода и характеризует кислотность почвенного раствора. Ее определяют в водной вытяжке почвы.

Потенциальная, или скрытая, кислотность обусловлена присутствием ионов водорода (H^+) и алюминия (Al^{3+}) в поглощенном состоянии. Ее определяют в солевых вытяжках почвы, когда ионы водорода и алюминия вытесняются из почвенного поглощающего комплекса (ППК) катионами солевых растворов. Однако не все ионы водорода и алюминия одинаково вытесняются растворами различных солей, поэтому различают обменную и гидролитическую кислотность.

Обменная кислотность обнаруживается при взаимодействии почвы с растворами нейтральных солей, которые образуются при соединении сильных оснований с сильными кислотами (KCl , $CaCl_2$, $NaCl$ и т. д.). Происходит следующая реакция:

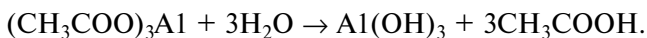
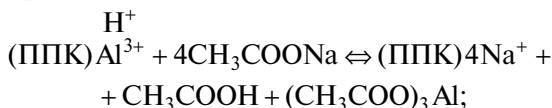


В растворе появляются свободная кислота HCl и гидролитически кислая соль $AlCl_3$. Хлорид алюминия в воде гидролитически расщепляется с образованием гидроксида алюминия и свободной кислоты, которая и подкисляет раствор:



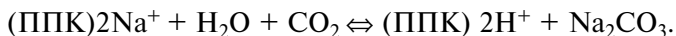
Обменную кислотность выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы (мг-экв/100 г) или через pH, но не водной, а солевой вытяжки. Она не может быть меньше актуальной кислотности. В дерново-подзолистых почвах эта кислотность составляет около 4,0—5,5, а в черноземах — 6—7.

Гидролитическая кислотность проявляется при обработке почвы растворами гидролитически щелочных солей, т. е. солей, образовавшихся в результате реакции между сильным основанием и слабой кислотой [CH_3COONa , $(CH_3COO)_2Ca$ и т. д.]. Общую схему взаимодействия раствора ацетата натрия (CH_3COONa) с почвой можно представить так:

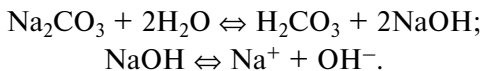


Накапливающаяся в растворе свободная уксусная кислота служит количественным показателем величины гидролитической кислотности. Поскольку гидролитически щелочная соль более полно вытесняет из почвы ионы H^+ и Al^{3+} , то и гидролитическая кислотность обычно превышает обменную. Гидролитическую кислотность обозначают символом H_T и измеряют в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. У дерново-подзолистых почв она составляет 5—15 мг-экв., у черноземных — около 2—5 мг-экв./100 г почвы.

Щелочность обуславливается повышенной концентрацией в почве ионов гидроксила (OH^-). Так как почвенная влага содержит некоторое количество CO_2 , то схематично происходящие в почве реакции можно представить следующим образом:



Образующаяся сода (Na_2CO_3) — гидролитически щелочная соль, которая расщепляется в воде:



Гидроксид натрия при диссоциации повышает содержание в растворе ионов OH^- и увеличивает щелочность почв.

Щелочная реакция связана с присутствием в почве как обменного натрия, так и гидrolитически щелочных солей (CaCO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 и т. д.), что наиболее типично для солонцов и солончаков. В таких почвах pH может достигать 10.

Реакция среды оказывает разностороннее влияние на свойства почв и условия жизни растений. Почвы с повышенной кислотностью содержат в поглощенном состоянии ион H^+ , что не способствует созданию водопрочной структуры. Такие почвы быстро заплывают, а при высыхании образуют корку.

Высокое содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе щелочных почв усиливает пептизацию их коллоидов, а следовательно, и структурных агрегатов. При увлажнении такие почвы приобретают свойства сырого мыла, а при высыхании образуют очень сильно связанные столбчатые отдельности, нередко приводящие к поломке почвообрабатывающих орудий.

Высокая кислотность и щелочность почв отрицательно сказываются на жизни растений и почвенных микроорганизмов. На таких почвах гумус плохо закрепляется, возрастает подвижность гумусовых кислот и коллоидной фракции, минеральные элементы питания слабо удерживаются и усиливается вымывание различных веществ в более глубокие горизонты почвы.

Для устранения высокой кислотности и щелочности проводят известкование и гипсование почв.

1.4. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОЧВ И ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Почвы тундровой зоны. Тундра занимает северную часть территории России в субарктическом поясе. Климат тундры очень суровый. Среднегодовая температура воздуха колеблется от $-0,2^\circ\text{C}$ на Кольском полуострове до -16°C в Сибири. Годовое количество осадков, максимум которых приходится на лето, уменьшается от 300—400 мм в западной до 150 мм в восточной части тундры. За прохладное и короткое лето успевает оттаять лишь поверхностный слой почвы на глубину 0,7—1,5 м, ниже которого расположена вечная мерзлота.

Рельеф тундры преимущественно равнинный, с характерными небольшими буграми и замкнутыми понижениями, часто заполненными водой.

Почвообразующие породы представлены главным образом продуктами ледникового происхождения, а также отложениями боральной морской трансгрессии.

Растительность тундры скудна и однообразна. Она состоит преимущественно из лишайников, мхов, многолетних трав, различных кустарников и кустарничков. Леса (ива полярная, береза карликовая, кедровый стланник и др.) произрастают по долинам рек и в подзоне лесотундры.

Почвообразовательный процесс в тундре характеризуется рядом особенностей, обусловленных низкими температурами, слоем вечной мерзлоты и переувлажнением почв. Поэтому почвы в тундре имеют следующие морфологические особенности: наличие поверхностной торфяной подстилки, четко выраженный глеевый горизонт, малую мощность почвенного профиля и слабую его дифференциацию, деформацию почвенного профиля, вызванную перемещением насыщенных влагой почвогрунтов при оттаивании и замерзании.

Классификация и свойства тундровых почв. На территории тундры, особенно в субарктической зоне, наиболее широко распространен тип тундровые глеевые почвы. В зависимости от условий формирования эти почвы подразделяют на два подтипа: тундровые глеевые и тундровые глеевые оподзоленные.

Подтип *тундровые глеевые почвы* преобладает в мохово-лишайниковой и кустарниковой тундре. Эти почвы формируются на спокойных элементах рельефа, сложенных тяжелыми породами.

Тундровые глеевые оподзоленные почвы встречаются в кустарниковой тундре и лесотундре. Они развиваются на дренированных участках, что обусловлено расположением их на повышенных элементах рельефа или легким гранулометрическим составом почвообразующих пород.

Условия почвообразования тундровых почв определяют их химические и физические свойства. Содержание гумуса в тундровых почвах невелико — около 1—3 %. Преобладание в составе гумусовых кислот водорастворимых фульвокислот придает верхним горизонтам этих почв кислую или слабокислую реакцию (рН водной вытяжки 4,5—6,5). Степень насыщенности почв основаниями 20—70 %, а их емкость поглощения не превышает 5—20 мг-экв/100 г почвы, что объясняется низким содержанием перегноя. Поскольку процессы выщелачивания отсутствуют, то в тундровых почвах происходит значительное накопление полутораоксидов Al, Fe, Mn.

Сельскохозяйственное использование тундры. Тундру издавна использовали в качестве пастбища для северных оленей, основным кормом которых служат лишайники, мхи, травы и кустарники. Земледелие в ней ограничено отрицательными свойствами почв.

В первую очередь необходимо осваивать песчаные и супесчаные почвы, обладающие естественным дренажем для отвода из-

лишней влаги, а также хорошо прогреваемые почвы склонов южной экспозиции, где вечная мерзлота залегает на большей глубине. Созданию благоприятного воздушного и теплового режима способствуют и частые рыхления почвы, углубление пахотного слоя, гребневая посадка культур, задержание снега, предохраняющее почву от глубокого промерзания зимой.

Главный прием повышения плодородия тундровых почв — внесение высоких доз органических и минеральных удобрений. Важную роль играет также посев скороспелых и холодостойких сортов различных культур.

Почвы таежно-лесной зоны. Таежно-лесная зона расположена южнее тундровой и широкой полосой простирается от западных границ России на восток до побережья Охотского моря.

Климат таежно-лесной зоны умеренно холодный и влажный, в западной части сравнительно мягкий, а к востоку приобретает континентальный характер.

Среднегодовая температура в европейской части около 4°C , а в Восточной Сибири опускается до $-10\text{...}-16^{\circ}\text{C}$, что и обусловило там широкое распространение вечной мерзлоты. Длительность периода с температурой выше 5°C , когда возможна вегетация многих культур, снижается с запада на восток со 180 до 120 дней. Среднегодовое количество осадков в этом же направлении уменьшается от 600—700 до 200—300 мм, причем их максимум приходится на теплый период года. Из почвы испаряется около 70—90 % количества выпадающих осадков. Остальная вода создает нисходящий внутрисочвенный ток (промывной тип водного режима), что существенно влияет на характер почвообразования в этой зоне.

Рельеф таежно-лесной зоны разнообразен. Для европейской части характерен равнинный рельеф с многочисленными грядами и холмами моренно-ледникового происхождения. В азиатской части равнинный рельеф Западно-Сибирской низменности сменяется к востоку обширной системой горных цепей и областей.

Почвообразующие породы также разнообразны. В европейской и западносибирской частях зоны они представлены преимущественно бескарбонатными и реже карбонатными отложениями ледникового происхождения. Далее к востоку почвообразование идет в основном на элювии и делювии коренных пород. Распространены также древние и современные аллювиальные наносы в поймах рек.

Растительность представлена лесами, лугами и болотами, которые в различных частях зоны развиты неодинаково.

Луга вкраплены в лесные массивы отдельными пятнами, постепенно расширяющимися при движении к югу, тогда как площадь болот в этом же направлении значительно сокращается.

Почвенный покров таежно-лесной зоны формируется под влиянием главным образом трех почвообразовательных процессов: подзолистого, дернового и болотного, каждый из которых протекает самостоятельно или накладывается один на другой.

Подзолистый почвообразовательный процесс наблюдается под лесной растительностью. Непременные условия его развития — наличие медленно разлагающейся лесной подстилки и промывной тип водного режима, обуславливающий вынос продуктов разложения с нисходящим током воды.

В чистом виде подзолистый процесс развивается под пологом сомкнутого хвойно-мохового леса. Лесная подстилка, покрывающая поверхность почвы, состоит из хвойного опада и отмерших частей моховых растений. Ее разлагают грибы и актиномицеты. В результате их жизнедеятельности образуется большое количество водорастворимых кислот и прежде всего фульвокислота, поэтому верхние горизонты почв имеют кислую реакцию.

Некоторая часть возникающих кислых соединений нейтрализуется высвобождающимися из лесной подстилки основаниями. Однако много их просачивается вглубь с нисходящим током воды и взаимодействует с минеральной частью почвы. Ион водорода фульвокислоты внедряется в почвенный поглощающий комплекс и вытесняет из него Са, Mg и другие катионы, приводя к ненасыщенности почв основаниями. Образующиеся фульваты водорастворимы и легко выщелачиваются вниз. Оставшаяся часть фульвокислот, нейтрализация которых невозможна из-за недостатка оснований в бескарбонатной породе, взаимодействует с оксидами Fe, Al и Mn и разрушает первичные силикаты и алюмосиликаты почвы.

Кроме того, в периоды избыточного увлажнения в почве создаются условия анаэробнозиса, в которых образуются легкоподвижные закисные соединения Fe и Mn. Возникшие органоминеральные и подвижные соединения Al, Fe и Mn вымываются нисходящим потоком воды в нижние горизонты. На месте остается конечный продукт разрушения алюмосиликатов — нерастворимая аморфная кремниевая кислота ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Ее может накапливаться 70—80 % общего количества веществ. Верхний горизонт почвы в связи с относительным увеличением в нем кремнезема, имеющего светлую окраску, приобретает оттенок золы, за что и получил название *подзолистого*, или *элювиального*.

Выносимые в верхней части почвенного профиля фульваты железа и алюминия хорошо растворимы лишь в кислой среде, характерной для подзолистого горизонта. С просачиванием почвенного раствора вглубь кислотность среды снижается, вызывая выпадение этих соединений в осадок на некоторой глубине от поверхности почвы. Здесь же осаждаются и отчасти закрепляются илестые и

коллоидные частицы, гумусовые вещества и другие соединения, придающие этому слою красновато-бурую окраску. Так формируется *иллювиальный*, или *рудяковый*, горизонт, обогащенный полутораоксидами Al, Fe и коллоидной фракцией.

Следовательно, важнейшие особенности подзолистого процесса почвообразования — распад под воздействием гумусовых кислот минеральной части почвы и вынос продуктов разложения из верхней части почвенного профиля вниз.

Подзолистый процесс наиболее интенсивно выражен в подзонах северной и особенно средней тайги. В результате этого процесса формируются почвы подзолистого типа.

Важнейшая морфологическая особенность подзолистых почв — резкая дифференциация на генетические горизонты их профиля, который имеет следующее строение:

A_0 — лесная подстилка различной степени разложения, мощностью 2—6 см;

A_0A_1 — грубогумусный, выражен слабо (мощность 1—3 см), иногда отсутствует;

A_2 — подзолистый, или элювиальный, белесого цвета с сероватым оттенком, пластинчатой структуры, мощностью 5—10 см и более;

B — иллювиальный, бурой окраски, уплотнен, призматической структуры, развит в пределах метровой толщи;

C — материнская порода, почти не затронута почвообразовательным процессом.

Классификация и свойства подзолистых почв. Подзолистые почвы подразделяют на три подтипа: глееподзолистые, подзолистые и дерново-подзолистые.

Глееподзолистые почвы. Для них характерны отсутствие гумусового горизонта, наличие оторфованной лесной подстилки и оглеение верхней части профиля, вызванное систематическим переувлажнением почв.

Подзолистые почвы. Имеют весьма неблагоприятные агрохимические свойства. Содержание гумуса в гумусовом горизонте не превышает 2 %. Верхние горизонты сильно обеднены зольными элементами (P_2O_5 — 0,03—0,09 %, K_2O — 1,5—2 %), полутораоксидами алюминия и железа и коллоидной фракцией. Они обладают сильнокислой и кислой реакцией (рН водной вытяжки 4,0—5,5), насыщенность их основаниями слабая (20—40 %) при низкой емкости поглощения (6—12 мг-экв/100 г почвы). Неблагоприятны и физические свойства подзолистых почв. Общая пористость у них не более 40—45 %, а пористость аэрации редко достигает 20 %. Эти почвы бесструктурны, слабоводопроницаемы, так как нижние горизонты сильно уплотнены (плотность 1,35—1,55 г/см³).

Дерновый почвообразовательный процесс протекает под луговой растительностью. Его развитие в значительной мере определяется характером размещения и количеством поступающих в почву растительных остатков, их составом и особенностями разложения.

Сочетание всех этих условий способствует концентрации в верхних горизонтах почвы биологически важных элементов питания растений и оснований, образованию в почве большого количества темноокрашенных гумусовых кислот и закреплению их в форме нерастворимых гуматов кальция и магния, прокрашиванию почвы на большую глубину в темный цвет, возникновению водопрочной комковатой структуры и приобретению почвой ряда других агрономически ценных свойств. Вследствие этого в верхней части почвенного профиля обособляется дерновый (гумусовый) горизонт, мощность которого может составлять 10—15 см и более.

Таким образом, важная особенность дернового процесса почвообразования заключается в биологическом обогащении верхних горизонтов почвы гумусом, азотом и зольными элементами питания, извлекаемыми корнями луговых травянистых растений из глубоких горизонтов.

В результате дернового процесса почвообразования формируются *дерновые почвы*. Они имеют сравнительно ограниченное распространение и развиваются преимущественно на карбонатных материнских породах.

Профиль дерновой почвы имеет следующее строение:

A_0 — дернина или лесная подстилка мощностью не более 2—5 см;

A_1 — гумусовый или гумусово-аккумулятивный горизонт темно-серого цвета, зернисто-ореховатой структуры, мощностью 10—20 см и более;

B — переходный горизонт буро-коричневой окраски, комковатой структуры;

C — материнская порода, часто имеет щебнистые включения карбонатов.

Среди дерновых почв выделяют два типа: дерново-карбонатный и дерново-глеевый. *Дерново-карбонатные почвы* развиваются на выходах карбонатных пород (Ленинградская, Псковская, Смоленская, Вологодская, Владимирская и ряд других областей). *Дерново-глеевые почвы* формируются в условиях избыточного увлажнения жесткими грунтовыми водами. Они сходны с дерновыми почвами, но отличаются от них признаками оглеения.

По проявлению дернового процесса эти почвы подразделяют на маломощные — мощность дернового горизонта не превышает 15 см и среднемощные — более 15 см. Дерновые почвы характеризуются высоким естественным плодородием, обусловленным весьма благоприятными их химическими и физическими свой-

ствами. У них хорошо выражен гумусовый (дерновый) горизонт, содержание гумуса в котором составляют 4—7 % и более. Верхние горизонты дерновых почв богаты зольными элементами (P_2O_5 — 0,10—0,14 %, K_2O — 1,5—2,5 %), слабокислые или близкие к нейтральным, сильно насыщены основаниями (75—90 %). Емкость поглощения 35—50 мг-экв/100 г почвы. Водопрочная зернисто-комковатая структура определяет их хорошие водно-физические свойства.

Дерново-подзолистые почвы. В природных условиях таежно-лесной зоны очень часто эти почвы формируются под совместным воздействием дернового и подзолистого процессов почвообразования. С одной стороны, в этой зоне при движении с севера на юг на смену темнохвойной лесной растительности приходят хвойно-широколиственные леса с хорошо развитым травянистым покровом, а с другой — на территориях, ранее занятых лесами, уничтоженными впоследствии пожарами, вырубками, раскорчеванием, поселяются многие буйно развивающиеся травянистые растения. Это приводит к тому, что подзолообразовательный процесс сменяется дерновым.

В результате такого совместного или поочередного воздействия на почву дернового и подзолистого процессов формируются почвы дерново-подзолистого подтипа, наиболее распространенные в таежно-лесной зоне.

Строение профиля дерново-подзолистой почвы отличается четкой дифференциацией на отдельные генетические горизонты: $A(A_1)$ мощностью свыше 5 см, A_2 , В и С (рис. 1).

Свойства дерново-подзолистых почв в значительной мере зависят от степени выраженности каждого из почвообразовательных процессов.

Эти почвы распространены на всей территории южной и частично средней части таежно-лесной зоны, где их широко используют в земледелии. Они служат основным фондом пахотных угодий.

Пути улучшения агрономических свойств почв таежно-лесной зоны. Подзолистые и большинство дерново-подзолистых почв имеют гумусовый горизонт малой мощности, бедны органическим веществом, азотом и элементами зольного питания растений, обладают повышенной кислотностью и рядом неблагоприятных физических свойств. Эти отрицательные свойства, многие из которых можно устранить без значительных капиталовложений, и определяют основные мероприятия по улучшению агрономических показателей почв и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Систематическое внесение органических и минеральных удобрений улучшает режим питания растений, активизирует деятель-

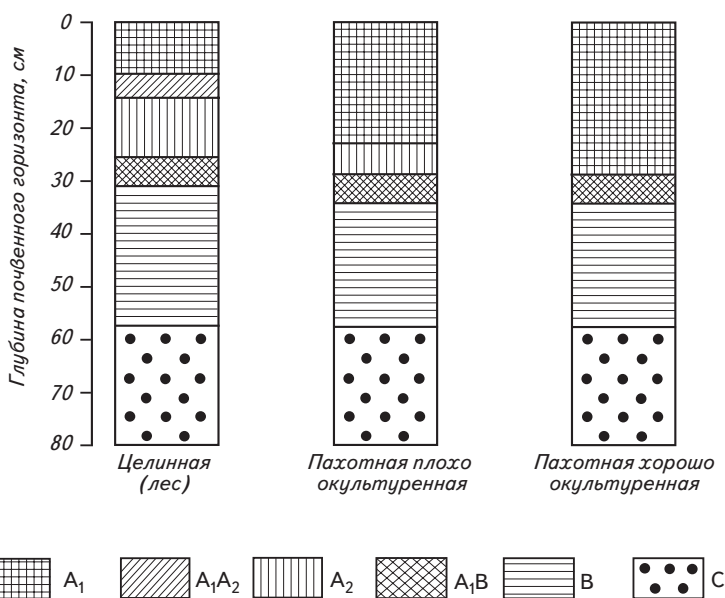


Рис. 1. Профили дерново-подзолистых целинной и пахотных почв

ность почвенной микрофлоры, обогащает почву органическим веществом и увеличивает содержание в ней гумуса, придает почве более благоприятные физико-химические свойства. Наиболее эффективно применение навоза, различных торфяных компостов, а на легких почвах — и зеленых удобрений (сидератов). Из минеральных удобрений на этих почвах в первую очередь вносят азотные и фосфорные.

На сильно- и среднекислых почвах необходимо известкование. Оно снижает кислотность почв, устраняет вредное влияние подвижных соединений Al и частично Mn, повышает степень насыщенности почв основаниями, увеличивает емкость поглощения, улучшает структурное состояние и другие физические свойства почв.

Большинство почв таежно-лесной зоны, находящихся под пашней, характеризуется неглубоким (16—18 см) пахотным слоем, подстилаемым подзолистым бесплодным горизонтом. Постепенное углубление пахотного слоя с одновременным внесением органических и минеральных удобрений создает благоприятные условия для развития более мощной корневой системы растений, вовлекает в малый биологический круговорот веществ больше элементов питания, улучшает водный и воздушный режимы почвы.

Для повышения плодородия почв зоны большое значение имеет освоение севооборотов с посевом в них бобовых и других многолетних трав. Они обогащают почву азотом и органическим веществом, улучшают ее структурное состояние, способствуют более рациональному использованию культурами элементов минерального питания и влаги.

Переувлажненные почвы, занимающие значительную площадь в таежно-лесной зоне, обладают неблагоприятными тепловыми и воздушными свойствами. Деятельность аэробных бактерий в этих почвах угнетена, а условия минерального питания растений резко ухудшены. Для устранения этих отрицательных явлений необходимо отводить излишнюю влагу с помощью закрытого и открытого дренажа, узкозагонной вспашки, гребневой посадки культур, глубокого рыхления почвы и т. д.

Для улучшения качества полевых работ, рационального использования сельскохозяйственных угодий, повышения эффективности удобрений и механизации полевых работ требуется ликвидировать мелкоконтурность полей, освободить их от валунов, кустарников, кочек.

При осуществлении комплекса указанных мероприятий подзолистые и дерново-подзолистые почвы приобретают ценные агрономические свойства и их плодородие резко повышается.

В зависимости от степени окультуренности пахотные земли подразделяют на слабо-, средне- и сильноокультуренные. Основные показатели окультуренности почв таежно-лесной зоны представлены в таблице 2.

2. Показатели окультуренности подзолистых и дерново-подзолистых почв

Показатель	Окультуренность почвы		
	слабая	средняя	сильная
Мощность пахотного слоя, см	20	20—25	>25
Содержание гумуса, %	2	2—4	>4
P ₂ O ₅ по Кирсанову, мг/100 г почвы	5	5—15	>15
Насыщенность основаниями, %	55	55—75	>75
pH солевой вытяжки	4,5	4,5—5,5	>5,5
Выраженность водопрочной структуры	Отсутствует	Слабая	Хорошая
Выраженность подзолистого горизонта	Хорошая	»	Отсутствует
Проявление эрозионных процессов	Сильное	Заметное	»

Серые лесные почвы лесостепной зоны. Лесостепная зона расположена южнее таежно-лесной и простирается к востоку прерывистой полосой.

Климат лесостепной зоны на западе умеренно теплый и достаточно влажный. К востоку его континентальность нарастает. Среднегодовая температура изменяется от +7 до -4,5 °С. Продолжительность вегетационного периода с температурой воздуха выше 10 °С колеблется от 144—159 до 95—120 дней. Годовое количество осадков с запада на восток уменьшается с 560 до 300 мм, большая часть осадков (40—70 %) выпадает летом. Все выпадающие в зоне осадки почти полностью испаряются, поэтому постоянно нисходящего тока воды в почве не образуется.

Рельеф лесостепи в западной части зоны расчлененный и характеризуется эрозионно-волнистыми формами. Лесостепи Западной Сибири свойственны на сравнительно выровненной территории неглубокие степные западины, по периферии зарастающие березой (березовые колки). К востоку от р. Обь территория лесостепи значительно расчленена с преобладанием пологоувалистого рельефа.

Почвообразующие породы лесостепной зоны тяжелые и представлены главным образом лёссами и лёссовидными суглинками на западе, бескарбонатными суглинками в центральной части зоны и лёссовидными суглинками и глинами в Западно-Сибирской низменности.

Растительность лесостепной зоны в естественном состоянии состоит из травянистых сообществ луговых степей, чередующихся с небольшими массивами осветленных широколиственных лесов, под пологом которых обильно развиваются многие степные травянистые растения.

В зоне лесостепи под лесами преобладают серые лесные почвы, а под луговыми степями — черноземы. В лесостепи Западной Сибири встречаются также солончаки, солонцы и солоды.

Особенности образования серых лесных почв. Серые лесные почвы формируются под осветленными широколиственными лесами с хорошо развитым покровом из травянистых растений.

Богатство древесного опада широколиственных пород элементами питания способствует обильному развитию травянистых растений, которые еще более усиливают аккумуляцию биологически важных элементов в верхних горизонтах почвы. Большое количество оснований, особенно кальция, резко снижает кислотность лесного опада. Поэтому в его разложении участвует не только грибная, но и бактериальная микрофлора, способствующая образованию значительных количеств гуминовых кислот. Из-за слабо выраженного нисходящего тока влаги они неглубоко просачиваются в почву. Гуминовые кислоты взаимодействуют с кальцием и магнием и закрепляются в почве. Постепенно накапливаясь, они прокрашивают почву в темный цвет и способствуют ее оструктуриванию. В результате дерновый процесс начинает преобладать над подзолистым.

Таким образом, формирование серых лесных почв происходит при одновременном течении подзолистого и дернового процессов.

Строение серых лесных почв. Своеобразные условия почвообразования определяют и строение профиля серых лесных почв, в котором на целинных участках четко вычленяются следующие горизонты (рис. 2):

A_0 — лесная подстилка, состоящая из опада древесных пород и войлока травянистых растений, мощностью 2—4 см;

A_1 — гумусово-аккумулятивный, различной интенсивности серой окраски, комковато-ореховатой структуры, мощностью 15—20 см и более;

A_1A_2 — гумусово-элювиальный, или оподзоленный, белесоватой окраски, обусловленной наличием кремнеземистой присыпки по граням структурных отдельностей, структура ореховатая, мощностью 10—15 см;

A_2B — темноокрашенный, остроугольно-мелкоореховый (может отсутствовать), грани структурных отдельностей темно-серые или черные с белесой присыпкой, постепенно переходит в горизонт В (B_1 , B_2);

В — иллювиальный, четко отличается от предыдущего горизонта. Имеет коричневато-бурую окраску с темными потеками гумусовых веществ, структура ореховато-призматическая, следы кремнеземистой присыпки, плотного сложения;

BC — переходный горизонт;

С — материнская порода, желтовато-палевого цвета, с наличием карбонатов в виде выцветов и прожилок с глубины 150 см и более.

Следовательно, серые лесные почвы характеризуются кремнеземистой присыпкой, комковато-ореховатой структурой и наличием карбонатов в нижней части профиля.

Свойства и классификация серых лесных почв. По своим свойствам эти почвы занимают промежуточное положение между дерново-подзолистыми и черноземными почвами.

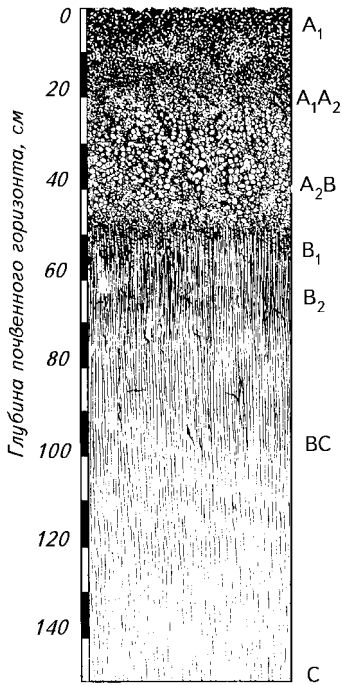


Рис. 2. Профиль серой лесной почвы

В зависимости от содержания гумуса и мощности гумусового горизонта серые лесные почвы подразделяют на подтипы: светло-серые, серые и темно-серые (табл. 3).

3. Подтипы серых лесных почв и некоторые их свойства

Подтип почвы	Содержание гумуса, %	Мощность гумусового горизонта A_1 , см	Емкость поглощения, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	pH
Светло-серая	3	20	14—18	70—80	5,0—5,5
Серая	3—5	20—25	18—30	70—85	5,5—6,0
Темно-серая	>5	>25	20—45	80—90	6,0—6,5

Серые лесные почвы западной части лесостепи содержат 2—4 % гумуса, восточной — до 4—6 %. С глубиной количество гумуса быстро убывает, хотя и не так резко, как у дерново-подзолистых почв. Серые лесные почвы содержат довольно много подвижной фосфорной кислоты, средне обеспечены доступным калием и бедны подвижным азотом.

Поскольку большинство серых лесных почв тяжелые по гранулометрическому составу, их почвенный поглощающий комплекс хорошо развит. Емкость поглощения этих почв может составлять 20—35 мг-экв/100 г почвы, а степень насыщенности основаниями достигает 90 %. В состав обменных катионов наряду с Са и Mg входит Н. Реакция серых лесных почв слабокислая или близкая к нейтральной (рН водной вытяжки 5,5—6,5).

Эти показатели для отдельных подтипов почв варьируют, но позволяют судить о том, что агрономическая ценность почв возрастает в направлении от светло-серых к темно-серым, которые по свойствам близки к черноземам.

Водно-физические свойства серых лесных почв в значительной мере зависят от содержания гумуса и гранулометрического состава материнских пород. Верхние горизонты этих почв имеют хорошую пористость (50—60 %), однако иллювиальные горизонты значительно уплотнены, что ухудшает их водопроницаемость и аэрацию. Вследствие слабо выраженной водопрочной структуры этих почв при обработке они могут сильно распыляться, а нередко заплывать и образовывать почвенную корку.

Почвы лесостепной зоны хорошо отзываются на внесение различных видов органических (навоз, компосты и сидераты) и полных минеральных удобрений. Светло-серые и серые лесные почвы с повышенной кислотностью и слабо насыщенные основаниями нуждаются в известковании. В качестве известкового удобрения можно широко использовать дефека́т — отход свеклосахарного производства.

Для увеличения мощности гумусового горизонта необходимо углубление пахотного слоя за счет припахивания оподзоленного

горизонта. Это особенно важно для светло-серых и серых лесных почв, а также при возделывании технических культур (сахарная свекла, картофель), которые при увеличении пахотного слоя до 27—30 см значительно повышают урожай. Для улучшения водно-физических свойств серых и светло-серых лесных почв требуется проведение системы мероприятий: посев многолетних трав, своевременная обработка, глубокое рыхление, уничтожение почвенной корки, накопление и сохранение влаги и т. д.

Сильная расчлененность территории зоны серых лесных почв способствует интенсивному развитию водной эрозии. Поэтому применение почвозащитных мероприятий имеет решающее значение в предотвращении дальнейшего развития эрозионных процессов.

Черноземы лесостепной и степной зон. Они расположены южнее серых лесных почв.

Климат зоны распространения черноземных почв изменяется от умеренно теплого и влажного в западных районах до умеренно холодного и сухого в восточных. Среднегодовая температура с запада на восток колеблется от 10 до 0 °С. Продолжительность вегетационного периода на западе составляет 140—180 дней, на востоке — 100—140 дней. Годовое количество осадков в европейской части равно 500 мм, в восточной — 300 мм. Большая часть осадков выпадает во второй половине теплого периода. Интенсивное испарение влаги и недостаточное количество осадков обуславливают неглубокое (до 150—300 см) промачивание почвы (непромывной тип водного режима).

Рельеф зоны черноземных почв характеризуется плавной сменной равнинных форм слабоволнистыми. На равнинных массивах часто встречаются неглубокие понижения — поды и блюдца. Слабоволнистые территории имеют хорошо развитую дренажную сеть в виде оврагов, балок и речных долин, чем и объясняется резкое понижение уровня грунтовых вод.

Почвообразующие породы этой зоны в основном карбонатные. Они представлены преимущественно лёссами, лёссовидными суглинками и глинами. Мелкоземистость большинства почвообразующих пород способствует интенсивному проявлению водной и ветровой эрозии.

Растительность. Формирование черноземов связано с лугово-степной растительностью. Растительные ассоциации луговых степей характеризуются обилием видов злаковых и бобовых трав, а также богатым разнотравьем. Травянистые растения хорошо приспособились к климатическим условиям зоны. Они бурно развиваются в первой половине лета, используя влагу зимних и весенних осадков. К моменту наступления засушливого периода многие виды растений заканчивают цикл своего развития и постепенно отмирают.

Большое влияние на почвообразование оказывают многочисленные почвенные животные, которые ежегодно перерабатывают и перемещают несколько десятков тонн почвы на 1 га.

Происхождение черноземов. В лесостепной и степной зонах травянистые растения образуют густой покров с плотным слоем влагоемкого войлока, который в зимний период способствует накоплению большого количества осадков, а весной предохраняет почву от быстрого иссушения. Корневая система растений мощно развита и проникает в глубь почвы на 1 м и более, однако 85—95 % ее сосредоточено в слое до 50 см.

При отмирании растения ежегодно поставляют в почву до 15 т/га органических остатков в перерасчете на сухое вещество, причем большая часть их представлена корнями. С растительным опадом в почву каждый год возвращается 600—1200 кг/га азота и зольных элементов, из которых преобладают калий, кальций, магний и фосфор. Все они активно вовлекаются в биологический круговорот.

В разложении растительного опада участвуют аэробные и анаэробные бактерии. В процессе гумификации органических остатков, который охватывает почву на всю глубину распространения корней, образуется много темноокрашенных гуминовых кислот. Эти кислоты при чередовании периодов увлажнения, иссушения и промерзания накапливаются в почве.

Большое количество кальция и магния способствует коагуляции гуминовых кислот, закреплению их в месте образования и возникновению водопрочной структуры почвы. Кроме того, основания практически полностью нейтрализуют гумусовые кислоты, препятствуя существенному разрушению минеральной части почвы. Отсутствие сквозного промачивания исключает выщелачивание в глубь почвенного профиля различных веществ, кроме водорастворимых сульфатов, хлоридов и карбонатов. Последние накапливаются в нижних горизонтах почвенного профиля.

Следовательно, процесс образования черноземов характеризуется накоплением гумусовых веществ и минеральных элементов питания, структурированием почвы, почти полным отсутствием разрушения минеральной ее части и выщелачивания карбонатов.

Строение почвенного профиля. В почвенном профиле черноземов выделяют следующие горизонты (рис. 3):

A_0 — степной войлок мощностью до 5 см, на пахотных землях отсутствует;

A ($A_{\text{пах}} + A_1$) — гумусовый, равномерной темно-серой или черной окраски, структура зернистая или мелкокомковатая, высокой водопрочности, сложение рыхлое, мощностью 30—60 см;

B_1 — продолжение гумусового горизонта, несколько светлее по сравнению с горизонтом A , часто имеет буроватый оттенок, струк-

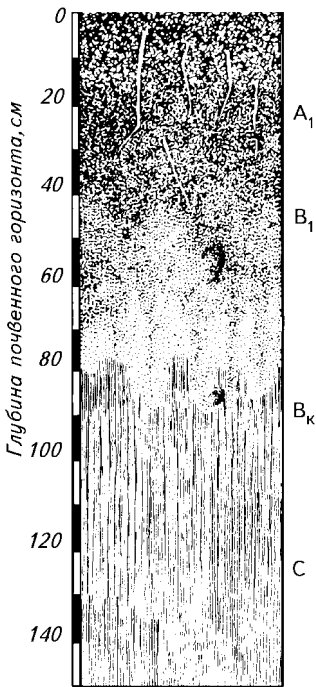


Рис. 3. Профиль чернозема обыкновенного

тура зернисто-ореховатая, комковато-ореховатая или комковатая. Структурные агрегаты крупнее, чем в горизонте А. Мощность 40—60 см;

B_k — переходный к материнской породе иллювиально-карбонатный горизонт, или горизонт гумусовых затеков, неоднороден из-за потеков перегноя в форме буро-черных языков, структура крупнокомковатая или ореховато-призматическая, наблюдается скопление карбонатов в виде выцветов, известковой плесени и белоглазки;

$C(C_k)$ — материнская (карбонатная) порода палевой или светло-бурой окраски, встречаются кротовины, скопления карбоната кальция в виде псевдомицелия, журавчиков, белоглазки, бурно вскипает от HCl . На глубине 1,5—2,0 м иногда наблюдаются скопления кристаллов гипса (C_T).

Таким образом, черноземы характеризуются: большой мощностью почвенного профиля, глубоко растянутым гумусовым слоем, водопрочной зернистой или мелкокомковатой структурой, слабой дифференциацией почвенной толщи, ходами роющих животных и

формированием карбонатно-иллювиального горизонта (B_k), залегающего ниже гумусового слоя.

Состав и свойства черноземов. Черноземы имеют черную или почти черную окраску, обусловленную высоким содержанием гумуса (4—9 % и более), количество которого с запада на восток возрастает. Общие запасы гумуса колеблются от 312 до 709 т/га, тогда как у дерново-подзолистых почв они не превышают 100 т/га. Мощность гумусового слоя (A + AB) изменяется от 50—60 до 120—150 см и более. Черноземы содержат много элементов питания: N — от 0,2 до 0,5 %, P_2O_5 — от 0,15 до 0,30 и K_2O — от 2 до 2,5 %. Процессы разрушения минеральной части почвы и выщелачивание различных веществ почти отсутствуют. Поэтому валовое содержание кремнекислоты, полутораоксидов и илистой фракции остается по всему профилю почвы практически неизменным.

Тяжелый гранулометрический состав большинства почвообразующих пород и большое количество гумуса определяют высокую

емкость поглощения гумусовых горизонтов — 35—60 мг-экв/100 г почвы. В поглощенном состоянии находятся преимущественно кальций (80—85 % суммы поглощенных оснований) и магний (15—20 %), у оподзоленных черноземов в поглощающий комплекс входит небольшое количество водорода, а у южных — натрия. Степень насыщенности основаниями верхних горизонтов черноземов достигает 99 %, а реакция почв близка к нейтральной или слабощелочной (рН водной вытяжки 6,5—7,5).

Черноземы обладают лучшими, чем другие почвы, физическими свойствами. Зернистая и зернисто-комковатая структура верхних горизонтов обуславливает хорошую воздухо- и водонепроницаемость почв, так как пористость их достигает 55—60 %, хотя в нижних горизонтах она снижается до 40—45 %. Большое содержание органического вещества способствует рыхлому сложению почв при плотности гумусового слоя 0,95—1,15 г/см³ и высокой их влагоемкости. Микрофлора представлена главным образом бактериями, которые в такой почве находятся в благоприятных для активной жизнедеятельности условиях.

Классификация черноземов. В зависимости от условий образования тип черноземных почв подразделяют на следующие подтипы: оподзоленный, выщелоченный, типичный, обыкновенный, южный.

Оподзоленные и выщелоченные черноземы сформировались в лесостепной зоне под луговой степной растительностью. В оподзоленных черноземах наблюдаются следы оподзоливания в виде кремнеземистой присыпки в несколько осветленном гумусовом слое и его слабокислая реакция, обусловленная небольшим количеством ионов Н⁺ в поглощенном состоянии и отсутствием карбонатов в первом метре почвенного профиля. У выщелоченных черноземов кремнеземистая присыпка отсутствует, но в них карбонаты вынесены за пределы горизонта В.

Типичные черноземы сформировались под богатой разнотравно-злаковой растительностью, приуроченной к подзоне южной лесостепи и северной полосе степей. Они обладают наилучшими свойствами и характерным строением профиля, присущими почвам черноземного типа.

Обыкновенные черноземы развиваются в умеренно засушливых степях. Гумусовый горизонт у них меньшей мощности, чем у типичных черноземов. Вскипают с поверхности или внизу гумусового горизонта. Скопление карбонатов отмечается в виде редкого псевдомицелия под линией вскипания, а ниже — преимущественно в форме белоглазки.

Южные черноземы формируются в условиях более ксероморфного климата под разреженной типчаково-ковыльной растительностью засушливой степи. В отличие от обыкновенных чернозе-

мов характеризуются меньшим гумусонакоплением, повышением горизонта карбонатных выделений и содержанием в поглощенном состоянии до 5 % натрия. Краткая характеристика различных подтипов черноземных почв приведена в таблице 4.

4. Основные показатели подтипов черноземных почв

Показатель	Подтип чернозема				
	оподзоленный	выщелоченный	типичный	обыкновенный	южный
Содержание гумуса в горизонте А, %	5—7	7—8	9—11	4—8	5—6
Запас гумуса, т/га	400—500	550	630—700	400	250
Емкость поглощения, мг-экв/100 г почвы	25—40	40—60	40—70	35—50	30—40
Степень насыщенности основаниями, %	80—90	80—95	90—98	95—98	95—99
pH солевой вытяжки	5,0—6,5	5,5—6,5	6,2—6,8	6,5—6,8	7,0

В пониженных элементах рельефа при близком залегании грунтовых вод (6—3 м и выше) формируются почвы лугово-черноземного типа, близкие по свойствам к черноземам, но с заметным проявлением оглеения.

Черноземы подразделяются также в зависимости от содержания гумуса и мощности гумусового слоя. По содержанию гумуса выделяют черноземы малогумусные (менее 6 %), среднегумусные (6—9 %) и тучные (более 9 %), а по мощности горизонтов А + АВ — маломощные (менее 40 см), среднемощные (40—80 см), мощные (80—120 см) и сверхмощные (более 120 см).

Сельскохозяйственное использование черноземных почв и способы повышения их плодородия. Высокое природное плодородие черноземов издавна привлекало земледельцев. Поэтому к настоящему времени практически все площади черноземных почв находятся в сельскохозяйственном использовании.

Важнейшая задача земледелия — сохранение и повышение природного плодородия черноземных почв. Этого достигают проведением комплекса агротехнических мероприятий, при выполнении которых должны учитываться как природные условия, так и естественные и приобретенные свойства черноземов. Первостепенную роль в зоне распространения черноземов играют приемы по улучшению их водного режима.

Отличаясь высоким потенциальным плодородием, черноземы мало содержат легкодоступных для растений питательных веществ. Поэтому на этих почвах необходимо вносить удобрения, а также активизировать в них деятельность почвенной микрофлоры.

ры. Из минеральных удобрений первостепенное значение имеют фосфорные.

Для улучшения агрофизических свойств черноземов следует восстановить утраченную и сохранить природную их структуру. Этого добиваются за счет освоения севооборотов, посева многолетних трав, внесения органических удобрений, правильной обработки почвы и т. д.

Борьбу с водной эрозией и дефляцией проводят при помощи специальной обработки почвы (применение безотвальных орудий с оставлением стерни на поверхности, полосное размещение культур, посев кулис и др.), освоения противоэрозионных севооборотов, посадки полезащитных лесополос, залужения и облесения вершин оврагов и балок, рационального устройства территории. Особое значение противоэрозионные мероприятия имеют для южных черноземов, наиболее подверженных дефляции.

Каштановые и бурые почвы зоны сухих и полупустынных степей. Зона сухих и полупустынных степей расположена южнее области распространения черноземных почв.

Зональный тип почв сухих степей — каштановые, а расположенных южнее полупустынных степей — бурые полупустынные.

Климат зоны каштановых и бурых почв резко континентальный с сухим жарким летом и малоснежной холодной зимой. В направлении с запада на восток он характеризуется следующими показателями: среднегодовая температура изменяется от 5—9 до 2—7 °С, длительность вегетационного периода колеблется от 220 до 170 дней, а количество выпадающих осадков, максимум которых приходится на осенне-зимний период, варьирует от 350—400 до 200—250 мм. Испаряемость в 3—5 раз превышает количество выпадающих осадков, что типично для выпотного типа водного режима.

Рельеф зоны разнообразный, однако преобладают равнины плоской и слабоволнистой формы. Характерно наличие многочисленных микропонижений в виде западин и лиманов, которые вызывают перераспределение осадков и обуславливают формирование комплексности почвенного покрова. Грунтовые воды расположены глубоко.

Почвообразующие породы в зоне каштановых и бурых почв весьма разнообразны. В западной части это преимущественно лёсы и лёссовидные суглинки, в Заволжье — лёссовидные суглинки и глины, а в Прикаспийской низменности — элювий шоколадных глин. К востоку почвы формируются на элювиально-делювиальных отложениях коренных пород и на карбонатных суглинках. Большинство почвообразующих пород, кроме лёссов, содержат значительное количество водорастворимых солей.

Растительность зоны бедна в видовом отношении и характеризуется низкорослостью и изреженностью травостоя.

Растительный опад содержит большое количество различных минеральных соединений. При его разложении почва обогащается кремнием, серой, хлором, кальцием, магнием, калием и натрием.

Каштановые почвы. Формируются в результате степного почвообразовательного процесса под изреженной полынно-ковыльно-типчаковой растительностью. В этих почвах из-за малого количества растительных остатков и ярко выраженных аэробных условий их разложения процесс минерализации резко преобладает над гумификацией. Поэтому гумуса в почве мало, а формирующаяся структура отличается невысокой водопрочностью.

Аэробное разложение органических остатков приводит также к накоплению в почве различных минеральных солей, в том числе натриевых. Ион натрия, вступая в почвенный поглощающий комплекс на место вытесняемого иона кальция, еще больше ухудшает структуру и придает почве солонцеватость.

В профиле каштановых почв выделяют следующие горизонты (рис. 4):

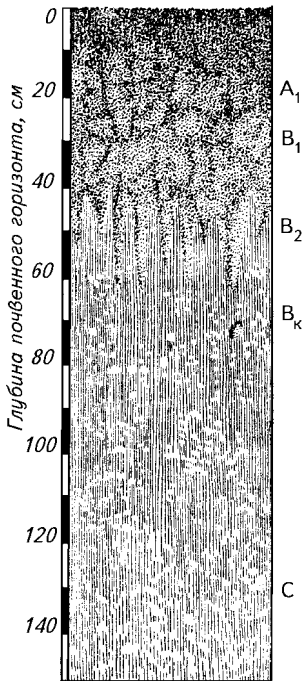


Рис. 4. Профиль каштановой почвы

A_0 — степной войлок мощностью 2—3 см;

$A(A_1)$ — гумусово-аккумулятивный, или гумусовый, каштанового цвета (отсюда название этих почв), структура комковатая или комковато-пылеватая, мощностью до 30 см;

B — нередко подразделяют на горизонты B_1 , B_2 и B_k ;

B_1 — переходный гумусовый, более светлой окраски с буроватым оттенком, структура комковато-призматическая, часто с буро-коричневой лакировкой по граням, оканчивается на глубине 35—50 см;

B_2 — горизонт гумусовых затеков, окраска неоднородная, структура призматически-комковатая, уплотнен, обильные выцветы карбонатов в виде белоглазки;

B_k — горизонт с максимальным скоплением карбонатов;

C — материнская порода, светло-палевого цвета, попадаются пятна карбонатов и кристаллы гипса.

Карбонаты в каштановых почвах встречаются в гумусовом слое, а часто и

с поверхности. Горизонт их максимального скопления (B_k) расположен ниже гумусового слоя. Гипсоносный горизонт начинается, как правило, с глубины 1,0—1,5 м.

Свойства каштановых почв определяются условиями их образования. Мощность гумусового слоя невелика и обычно не превышает 35—40 см. Гумуса содержится в среднем 3—4 %, валовые запасы фосфорной кислоты составляют 0,1—0,2 %, а калия — 1—2 %. Почвенный комплекс насыщен основаниями, в нем всегда присутствует поглощенный натрий, при содержании которого свыше 5 % почвы приобретают признаки солонцеватости. Емкость поглощения в гумусовом горизонте изменяется от 15 до 35 мг-экв/100 г почвы. Богатство почв основаниями придает им слабощелочную реакцию (рН водной вытяжки 7,2—7,5), которая с глубиной усиливается.

В целом агрофизические свойства каштановых почв удовлетворительные. Однако из-за низкой водопрочности структурных агрегатов почвы часто заплывают и уплотняются, что неблагоприятно отражается на их водно-воздушном режиме.

Каштановые почвы в зависимости от содержания гумуса подразделяют на подтипы: темно-каштановые (гумуса 4—5 %), каштановые (3—4 %) и светло-каштановые (2—3 %). В этой же последовательности нарастают отрицательные свойства: уменьшается мощность гумусового слоя, увеличивается солонцеватость, снижается оструктуренность и ближе к поверхности подтягиваются соленосные горизонты. Темно-каштановые почвы формируются в северной части зоны и по свойствам ближе к южным черноземам, тогда как южнее последовательно располагаются каштановые и светло-каштановые почвы.

Бурые полупустынные почвы. Формируются под скудной полынно-солянковой растительностью. Она покрывает лишь около 20—30 % поверхности почвы, а ежегодный опад ее не превышает 0,5—2,0 т/га. Климат зоны резко засушливый, а выпадающие осадки редко промачивают почву глубже 50 см. Засоленность материнских пород и высокая зольность растительного опада способствуют развитию у почв выраженных признаков солонцеватости.

Бурые почвы содержат гумуса до 1—2 %, их гумусовый горизонт укорочен и не превышает 10—15 см. Емкость поглощения 10—20 мг-экв/100 г почвы: в поглощенном состоянии находится 5—7 % натрия. Агрономически ценная структура у бурых почв не выражена. Вскипание от соляной кислоты происходит с поверхности почвы, а водорастворимые соли залегают по профилю в конце первого метра.

Таким образом, почвы зоны сухих и полупустынных степей характеризуются малым содержанием гумуса, накоплением мине-

ральных солей и слабовыраженной структурой. При движении на юг, переходя от темно-каштановых почв к бурым, эти неблагоприятные свойства постепенно усиливаются.

Сельскохозяйственное использование и способности повышения плодородия каштановых и бурых почв. В связи с освоением больших массивов некогда целинных и залежных земель в зоне каштановых и бурых почв наряду с пастбищным животноводством широкое развитие получило зерновое хозяйство. Основные пути повышения плодородия и рационального использования каштановых и бурых почв состоят в следующем:

улучшение водного режима при помощи системы агротехнических мероприятий (оставление чистых паров, глубокая обработка, снегозадержание и др.) и искусственного орошения. В зоне распространения бурых почв земледелие без орошения невозможно;

улучшение физических свойств солонцеватых почв и находящихся с ними в комплексе пятен солонцов посредством соответствующей обработки и химической мелиорации;

борьба с дефляцией с помощью системы специальных мероприятий (полезащитное лесоразведение, посев кулис, обработка почвы с оставлением стерни на поверхности, полосное земледелие, освоение противоэрозионных севооборотов с посевом многолетних трав, использование искусственных структурообразователей и т. д.);

внесение органических и минеральных удобрений, которые наиболее сильно повышают урожай культур на фоне орошения. В неорошаемых условиях первостепенное значение имеют фосфорные удобрения;

в районах, где возделывание культур ограничено, дальнейшее развитие должно получить пастбищное скотоводство на базе широкого обводнения территории.

Почвы болот. В России широко распространены торфяные болотные почвы, занимающие значительные площади как в европейской, так и в азиатской частях (Карелия, Мещерская низменность, Западно-Сибирская равнина, Дальний Восток и т. д.).

Формирование торфяных почв связано с образованием и развитием болот. Основные площади этих почв сосредоточены в тундровой и таежно-лесной зонах.

Болотообразовательный процесс. Образование и развитие болот, а следовательно, и торфяных болотных почв тесно связаны с условиями длительного переувлажнения определенной территории. Избыточное увлажнение происходит в результате застаивания влаги на поверхности почв, подстилаемых водонепроницаемой породой, близкого расположения грунтовых вод, чрезмер-

ного уплотнения почв, накопления на поверхности почвы влагоемкой массы и т. д.

Важнейшие черты болотного почвообразовательного процесса — накопление торфа, последовательное обеднение его верхних слоев элементами минерального питания и формирование глеевого горизонта.

Болота образуются двумя способами: заболачиванием суши и заторфовыванием водоемов.

В процессе заболачивания пониженных территорий суши различают болота низинного, переходного и верхового типов. Причина последовательной смены одного типа болот другим заключается в том, что с нарастанием мощности торфа влияние грунтовых вод на уровень минерального питания болотных растений ослабевает. В результате требовательные к условиям питания растения (щучка, вейник, камыш, гипновый мох и др.) сменяются сфагновыми мхами, которые усваивают водорастворимые соединения, приносимые с осадками.

При заторфовывании водоемов происходит постепенное заполнение их полуразложившимися органическими остатками. Последующее нарастание массы торфа на месте бывшего водоема может привести к образованию верхового болота.

Таким образом, в природе почвы болотного типа формируются различными путями.

Строение и классификация торфяных болотных почв. По морфологическому строению торфяные болотные почвы резко отличаются от минеральных почв. В профиле их выделяют следующие горизонты (рис. 5):

A_0 — оочес, представляющий собой живые части болотных растений. Мощность 10—15 см;

T — торфяной, в котором в зависимости от степени разложения растительных остатков могут быть выделены подгоризонты: T_1 — бурый со слабо разложившимися остатками торфообразующей растительности, T_2 — желто-бурый с повышенной степенью разложения растительных остатков;

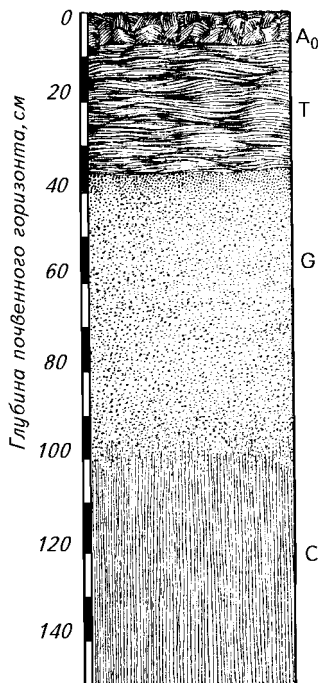


Рис. 5. Профиль болотной почвы

G — минеральный глеевый, разной степени выраженности, присущ болотным почвам и непосредственно подстилает торфяной горизонт;

C — материнская порода.

В зависимости от проявления болотообразовательного процесса различают два типа почв: *торфяные болотные верховые*, формирующиеся преимущественно на водораздельных равнинах и песчаных террасах, и *торфяные болотные низинные*, развивающиеся в глубоких депрессиях рельефа и в низинных болотных массивах.

Состав и свойства торфяных и болотных почв. В отличие от минеральных почв торфяные болотные почвы имеют торфяной горизонт. Поэтому свойства торфяных болотных почв в значительной мере определяются составом и свойствами торфяного горизонта, условия формирования которого неодинаковы в болотах различного типа (табл. 5).

5. Химический состав и физические свойства торфа различных болот (по Лупиновичу и Голубу)

Показатель	Типы и виды болот				
	низинные			переходные	верховые
	пойменные	ольшани- ковые	травяные		
Степень разложения, %	20—60	40—60	25—40	20—45	5—50
Зольность, %	8—20	15—25	7—20	5—10	2—5
Азот общий, %	2,8—3,8	3,0—3,7	2,0—4,0	1,7—4,2	1,0—2,0
P ₂ O ₅ , %	0,2—0,7	0,15—0,4	0,15—0,35	0,15—0,35	0,1—0,25
K ₂ O, %	0,1—0,3	0,1—0,2	0,02—0,3	0,05—0,2	0,04—0,08
CaO, %	3,5—4,0	4,0—4,5	2,0—3,9	0,6—2,3	0,30—0,48
pH водной вытяжки	—	5,9—6,2	5,5—6,0	3,5—5,8	3,2—4,2
Плотность, г/см ³	0,17—0,26	0,14—0,23	0,11—0,17	0,11—0,16	0,04—0,08
Влагоемкость, %	360—420	460—550	640—870	550—950	600—1200

Наиболее благоприятен в агрономическом отношении торф низинных болот, имеющий высокую степень разложения, большое количество азота и зольных элементов и слабокислую реакцию. Торф верховых болот менее разложившийся, беден питательными веществами, сильнокислый. Торф переходных болот занимает промежуточное положение.

Сельскохозяйственное использование болотных почв. Болота в естественном состоянии — низкопродуктивные земельные угодья. Однако торфяные болотные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, которое проявляется при проведении на них комплекса мелиоративных и агротехнических мероприятий. К важнейшим из них относятся: осушение закрытым дренажем с системой двустороннего регули-

рования водного режима; раскорчевка и очистка территории от пней, кустарников, кочек с последующей ее планировкой; правильная обработка почвы (вспашка, фрезерование, дискование, прикатывание и т. д.); освоение севооборотов с посевом в первые годы многолетних и однолетних трав, а затем зерновых, овощных и других культур; применение минеральных удобрений.

Из минеральных удобрений на почвах низинных болот применяют фосфорные и калийные. При освоении верховых болот дополнительно вносят известковые материалы и азотные удобрения. Особое значение в повышении урожая многих культур на торфяных болотных почвах имеют микроудобрения, содержащие цинк, бор, молибден, магний, кобальт и особенно медь.

Для обогащения торфяных болотных почв микрофлорой и усиления их биологической активности также вносят небольшое количество навоза, навозной жижи и бактериальные препараты. Правильное освоение и использование заболоченных земель позволяют получать высокие урожаи возделываемых культур.

Почвы речных пойм. *Поймой* называется часть речной долины, которая ежегодно или периодически на некоторое время затопляется паводковыми и полыми водами. Пойма через уступ соединяется с более повышенным участком долины, не заливаемым полыми водами и называемым *надпойменной террасой*. Нередко в области речных долин таких террас бывает несколько; они последовательно возвышаются одна над другой. Пойменные почвы формируются на различных по гранулометрическому составу аллювиальных отложениях.

Почвообразовательный процесс в пойме в значительной степени зависит от состава растительности, которая представлена здесь преимущественно луговыми разнотравно-злаковыми ассоциациями. Поэтому в пойме преобладает дерновый процесс почвообразования. Важнейшая особенность почвообразования в пойме заключается в проявлении пойменных и аллювиальных процессов (Кауричев). К пойменным относятся дерновые, луговые и болотные почвы.

Пойменный процесс выражается в затоплении поймы паводковыми водами, которые оказывают большое влияние на условия увлажнения почв, жизнедеятельность почвенной микрофлоры, а также на видовой состав и развитие естественной растительности. Аллювиальный процесс состоит в перемещении взвешенного материала и отложении его в виде различных наносов, называемых *аллювием*. Эти наносы могут быть хорошо сортированными или слоистыми. По составу они изменяются от бедных элементами питания песчаных до богатых органическими остатками глинистых, играющих роль естественных удобрений.

Почвы пойм — наиболее ценные луговые угодья, так как они ежегодно дополнительно увлажняются и обогащаются плодородными аллювиальными наносами. Лучшими являются почвы зернистой поймы, которые обычно используют как высокоурожайные сенокосные угодья. Почвы притеррасной и слоистой пойм менее плодородны, их используют чаще в качестве естественных пастбищ. Однако при неурегулированном выпасе скота резко снижается их продуктивность, ухудшается видовой состав травостоя, разрушается слабая дернина, может развиваться эрозия.

Высокое потенциальное плодородие почв зернистой и притеррасной пойм проявляется только при вовлечении их в культуру. Они благоприятны для возделывания наиболее требовательных к влаге и минеральному питанию растений — овощных, картофеля, корнеплодов, сеяных трав.

Для освоения почв поймы необходимы: осушение, удаление кочек и уничтожение кустарников, правильная обработка, внесение минеральных и микроудобрений (медных, марганцевых и борных).

Распашка менее плодородных песчаных и супесчаных почв прирусловой и слоистой пойм может привести из-за уничтожения дернины и развития эрозионных процессов к полной утрате ими плодородия.

Солончаки, солонцы и солоди. В почвенном покрове нашей страны значительные площади занимают солончаки, солонцы и солоди. Они не образуют самостоятельной почвенной зоны, а распространены в комплексе с другими почвами в виде отдельных замкнутых контуров и пятен.

Солончаки распространены в степных, полупустынных и пустынных зонах; в Прикаспийской, Туранской и Западно-Сибирской низменностях. Солонцы встречаются в зонах черноземных, каштановых, бурых пустынно-степных почв. Солоди чаще приурочены к лесостепной и степной зонам.

С о л о н ч а к и. Содержат вредное для культурных растений количество водорастворимых солей (от 0,6 до 2 % и более). Вредность наиболее распространенных в этих почвах солей возрастает в следующей последовательности: $\text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{NaHCO}_3 < \text{MgCl}_2 < \text{NaCl} < \text{Na}_2\text{CO}_3$. Количество водорастворимых солей в солончаках зависит от многих условий и может колебаться от 3—5 до 15—25 %.

Солончаки приурочены обычно к депрессиям рельефа с близким залеганием минерализованных грунтовых вод. Вследствие капиллярного подтока влаги из почвы ее испаряется в несколько раз больше, чем поступает с осадками (выпотной тип водного режима). При испарении вместе с грунтовыми водами в верхние горизонты почвы переносятся водорастворимые соли. Слабое промачивание почвы осадками не способствует полному удалению из

нее ранее поступивших солей. В результате почва обогащается солями, максимальное скопление которых происходит в верхней части ее профиля.

Таким образом, сущность солончакового процесса состоит в накоплении в почве большого количества водорастворимых солей.

В строении профиля солончаков нередко наблюдаются общие черты с тем типом почв, в зоне которых они сформировались. Однако определяющее значение имеет солевой режим этих почв. У большинства солончаков профиль слабо расчленен. В нем выделяют три генетических горизонта: А — гумусовый, В — переходный и С — материнскую породу. Характерная морфологическая особенность этих почв — наличие выцветов солей в виде нитей, прожлоков и пятен по всему профилю.

По содержанию гумуса, запасам элементов питания и ряду других свойств солончаки сохраняют некоторые черты зональности. Из-за слабого промачивания эти почвы содержат карбонаты, часто с поверхности. Поглощенные катионы представлены главным образом кальцием, магнием и небольшим количеством натрия. Реакция солончаков щелочная (рН водной вытяжки более 7,5). Максимум водорастворимых солей находится в верхнем горизонте.

Солончаки нередко образуются в районах орошаемого земледелия в результате неправильного поливного режима. При чрезмерном увлажнении полей резко повышается уровень грунтовых вод, что ведет к быстрому засолению культурных земель. Засоление поливных земель, возникшее в результате неправильного орошения, называется вторичным, а образовавшиеся солончаки называют *вторичными*, или *ирригационными*. Почвы, подвергшиеся вторичному засолению, часто полностью выпадают из сельскохозяйственного оборота.

Между типичными солончаками и незасоленными почвами встречаются и переходные по степени засоления почвы (сильно-, средне- и слабозасоленные), называемые *солончаковыми*.

Солончаки и сильнозасоленные почвы в неорошаемых условиях отводят в основном под низкопродуктивные пастбища. Из-за высокой концентрации солей и низкого содержания элементов питания возделывание культур на этих почвах возможно лишь после проведения сложных и дорогостоящих мелиоративных мероприятий. Важнейшими из них являются: промывка пресными водами для удаления излишних солей, понижение уровня грунтовых вод при помощи дренажа, посев солевыносливых культур (донник белый, суданка, пырей ползучий, сорго, ячмень, сахарная свекла и др.), предупреждение вторичного засоления, соответствующая система обработки почв и применение удобрений.

Солонцы. Солонцами называют почвы, у которых солевой горизонт опущен, резко выражен процесс иллювиирования коллоидов, а в составе поглощенных оснований преобладают натрий и магний. Максимум водорастворимых солей находится в нижней части профиля, в верхних горизонтах их практически нет.

Солонцы, по К. К. Гедройцу, образуются при рассолении солончаков в условиях большого количества натриевых солей и периодического промачивания почвы.

Профиль солонца четко расчленяется на следующие генетические горизонты (рис. 6):

A — элювиальный, обычно буровато-серый, обеднен гумусом и полутораоксидами, несколько обогащен кремнеземом, плитчатой структуры, пористого сложения, нижняя часть его часто белесая от обилия кремнеземистой присыпки, мощность до 25 см. На нарушенных (нераспаханных) солонцах часто заметен элювиально-гумусовый подгоризонт **A**₁;

B₁ — иллювиальный, или солонцовый, темный с бурым оттенком, обогащен коллоидами, плотного сложения, при высыхании растрескивается на столбчатые структурные отдельности, покрытые сверху потеками гумусовых веществ в виде блестящей лакировки, мощность 10—20 см и более;

B₂ — подсолонцовый, светлый, призматической структуры, имеет карбонаты в виде белоглазки и друзы гипса;

C₁ — горизонт скопления гипса, выступающего в виде мелких кристалликов, легкорастворимых солей и карбонатов кальция;

C₂ — материнская порода, содержащая легкорастворимые соли.

Содержание гумуса в солонцах зависит от зональных особенностей их формирования. Емкость поглощения этих почв изменяется в широких пределах; в солонцовом горизонте она резко возрастает, достигая часто 50 мг-экв/100 г почвы. В составе поглощенных катионов кроме кальция и магния много обменного натрия. Максимальное количество его содержится в иллювиальном горизонте и часто превышает 20—40 % емкости поглощения. Реакция солонцов щелочная (рН водной вытяжки 8—9 и более).

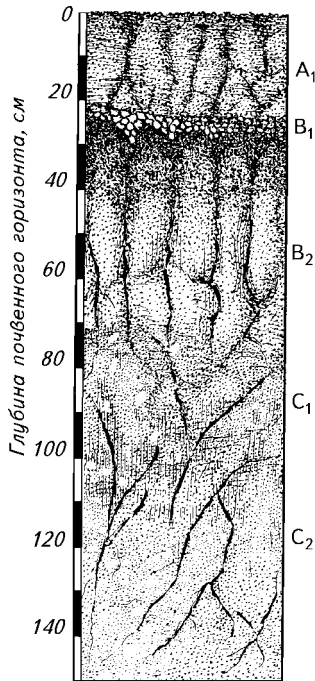


Рис. 6. Профиль солонца

Физические свойства солонцов весьма неблагоприятны. Во влажном состоянии они набухают, плохо пропускают влагу, становятся вязкими и липкими, а при высыхании оседают, создавая микропонижения, и настолько уплотняются, что при вспашке образуют литые крупные глыбы, которые не поддаются разрушению последующими обработками.

Классификация солонцов основана на использовании различных признаков. По мощности надсолонцового горизонта А их подразделяют на виды: корковые (< 5 см), мелкие (5—10 см), средние (10—18 см) и глубокие (> 18 см). По содержанию обменного натрия эти почвы разделяют на виды: малонатриевые (< 10 % емкости поглощения), средненатриевые (10—25 %) и многонатриевые (> 25 %).

В природных условиях почвы содержат различное количество поглощенного натрия. Обменный натрий, составляющий менее 5 % емкости поглощения, еще не оказывает отрицательного влияния на агрономические свойства почв, которые и относят к категории несолонцеватых. Почвы, содержащие обменного натрия от 5 до 10 % емкости поглощения, называют *солонцеватыми*.

Использование солонцов возможно только после их окультуривания. Для этого проводят специальные мелиоративные мероприятия, важнейшими из которых являются внесение гипса и последующее глубокое увлажнение почвы для удаления из поглощенного состояния натрия, улучшение физических свойств и нейтрализация щелочной реакции. Комплекс мер по коренному улучшению солонцов обязательно должен включать соответствующую систему обработки почвы и внесение органических и минеральных удобрений, посев трав, кукурузы, сахарной свеклы и др. Кроме того, под пашню целесообразно отводить в первую очередь участки, на которых солонцами и солонцеватыми пятнами занято не более 25 % площади. В противном случае в неорошаемых условиях такие массивы следует оставлять под пастбища.

Солоди. Сравнительно широко распространены в лесостепной и степной зонах, а также встречаются пятна-

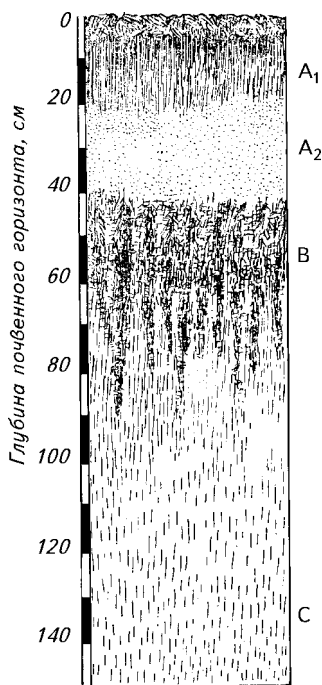


Рис. 7. Профиль солоди

ми среди других почв сухих и пустынных степей. Их формирование приурочено к депрессиям рельефа (поды, западины, лиманы и др.), которые нередко заняты березово-осиновыми колками или травянистыми растениями. Встречаются в Западной Сибири и других районах.

Образование солодей, по К. К. Гедройцу, представляет собой последующую стадию развития солонцов под воздействием длительного их увлажнения. Профиль солодей четко расчленяется на следующие горизонты (рис. 7):

A₀ — лесная подстилка;

A₁ — гумусовый, темно-серый, небольшой мощности;

A₂ — осолоделый, белесый от обилия аморфной кремнекислоты, бесструктурный, обеднен илистой фракцией, содержит конкреции полутораоксидов;

B — иллювиальный, темно-бурый, глыбистый, с остатками столбчатой структуры солонцового горизонта, обогащен коллоидами, со следами оглеения;

C — материнская порода с отложениями карбонатов.

Солоди морфологически напоминают дерново-подзолистые почвы, но отличаются от них наличием растворимой в 5%-ной КОН аморфной кремнекислоты, слабокислой реакцией в верхней части профиля и щелочной — в горизонте B, где в поглощенном состоянии кроме Ca и Mg находится Na как реликт солонца.

Сильная выщелоченность солодей обуславливает низкое содержание в них органического вещества и элементов питания. Кроме того, они обладают неблагоприятными физическими свойствами: слабой водопроницаемостью, бесструктурностью, образованием глыбистой поверхности при вспашке и заплыванием при увлажнении. Пятна солодей часто заняты древесными растениями, уничтожать которые нецелесообразно, так как они выполняют защитную роль и служат источником древесины. Используют солоды в основном под сенокосы.

Глава 2 ЗЕМЛЕДЕЛИЕ



2.1. ФАКТОРЫ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЗАКОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

2.1.1. ФАКТОРЫ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

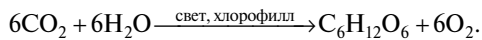
Производство продуктов питания — с давних пор основная задача земледельца, так же как производство кормов для животноводства и сырья для промышленности. Земледелие является одной из важнейших отраслей сельскохозяйственного производства.

Земледелие — отрасль сельскохозяйственного производства, основанная на рациональном использовании земли с целью возделывания сельскохозяйственных культур для получения растениеводческой продукции. Полеводство, овощеводство, луговоеводство, лесоводство, виноградарство и т. д. являются отраслями частного земледелия. Земледелие — древнейшая, очень сложная сфера человеческой деятельности, возникшая и формировавшаяся тысячелетия. Появление его стало крупнейшим событием в развитии цивилизаций. Оно позволило перейти от кочевого и создать основу совершенно нового оседлого образа жизни и труда человека. В истории человечества неоднократно подтверждалось, что расцвет и крушение цивилизаций проходили и через подъем, и через спад в развитии земледелия. В перспективе развитие земледелия будет определяться двумя глобальными направлениями, от которых зависит переход к устойчивому росту сельскохозяйственного производства. Первое предполагает развитие сельского хозяйства всех стран планеты при использовании экологически безопасных альтернативных земледельческих технологий, рациональном размещении производительных сил, обеспечивающих расширенное воспроизводство биоресурсов и их экономию. Для России второй задачей следует считать решение проблем реформирования АПК страны.

Все живое на Земле своим существованием обязано растениям, этим удивительным творениям природы. Растения в результате своей жизнедеятельности синтезируют органические вещества, требуемые человеку в виде необходимых продуктов.

Органическое вещество растений и их урожай создаются из углерода, воды и минеральных солей почвы. Этот процесс осуществляется с помощью растений при участии энергии Солнца. Ме-

ханизм образования простейших органических веществ (углеводов) можно представить следующей схемой.



Для нормальной жизнедеятельности и получения необходимой продукции нужен постоянный приток в оптимальных количествах тепла, света, воды, питательных веществ. В земледелии они получили название земных и космических факторов жизни растений. К *космическим факторам* относятся свет и тепло, к *земным* — вода, диоксид углерода, кислород, азот, фосфор, калий, кальций и многие другие элементы. В связи с этим основной задачей земледелия являются изучение требований растений и разработка практических приемов удовлетворения этих требований (Тимирязев). Требования к факторам жизни, т. е. количеству каждого из них, определяются многими условиями.

Космические факторы жизни растений в земледелии, по существу, не регулируются или регулируются незначительно. Земные факторы жизни растений, наоборот, удается регулировать и создавать оптимальные условия для роста и развития культурных растений. Космические факторы жизни растений зависят от использования световой и тепловой энергии Солнца. Солнечная радиация в решающей степени определяет климат Земли и зональные особенности. Климатические условия обуславливают возможность произрастания тех или иных растений. Кроме того, климат — один из факторов почвообразования, воздействующих и через почву, т. е. косвенно на произрастающие растения. Почвенно-климатические условия в решающей степени определяют специализацию земледелия, местный характер производства, такой набор сельскохозяйственных культур, биологические особенности которых наиболее отвечают этим условиям и обеспечивают получение высоких устойчивых урожаев хорошего качества.

Требования растений к свету. Рост и развитие растений непосредственно зависят от лучистой энергии Солнца. Недостаток света приводит к голоданию и гибели растений, а избыточная освещенность — к угнетению и ожогам. Физиологическое воздействие света на растение происходит через фотосинтез, определяя его скорость. Поток солнечных лучей, богатых ультрафиолетом, оказывает бактерицидное действие на микрофлору.

Среди сельскохозяйственных растений широко распространен фотопериодизм, связанный с их реакцией на условия освещения. К фотопериодическим реакциям относят наступление фаз роста и развития растений. По продолжительности освещения выделяют растения длинного (не менее 12 ч), короткого (менее 12 ч) и нейтрального дня. В задачу земледельца входит повышение коэффициента использования физиологически активной радиации (ФАР).

В посевах коэффициенты использования ФАР обычно сравнительно низкие и составляют 0,5—3 %. Используя различные приемы в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, коэффициент использования ФАР можно повысить в 2 и более раз.

Требования растений к теплообеспеченности и температурному режиму. В развитии растений, как отмечал К. А. Тимирязев, ведущую роль играет температурный фактор. Рассмотрим приведенные данные о потребности сельскохозяйственных растений в тепле за вегетационный период.

<i>Культура</i>	<i>Сумма активных температур, °С</i>
Яровая пшеница	1200—1700
Ячмень	950—1450
Овес	1000—1600
Просо	1400—1750
Кукуруза:	
на зерно	2100—2900
на силос	1800—2400
Картофель	1600
Сахарная свекла	2000
Лен	1500
Многолетние травы	900

Потребность растений в тепле оценивают по сумме активных температур (выше 10 °С) за период вегетации. Колебания потребности в тепле одних и тех же культур зависят от сорта. Каждое растение предъявляет к теплу определенные требования, меняющиеся на протяжении вегетации. Знание этих требований позволяет дать агроэкологическую оценку условиям выращивания и размещения культур с учетом агроландшафтов.

Особое значение теплообеспеченность растений имеет в начальные периоды жизни растений, т. е. при прорастании семян и появлении всходов. Знание требований растений к теплу позволяет правильно установить сроки посева, разработать приемы обработки почвы и меры борьбы с сорными растениями.

Требования растений к теплу определяют их холодо-, морозо- и жароустойчивость.

Требования растений к влагообеспеченности. Вода — важнейшее условие жизни растений. Она необходима для прорастания семян, служит составной частью синтезируемого органического вещества, средой для питательных веществ и биохимических процессов. *Оптимальная влажность* корнеобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений, составляет 65—90 % наименьшей влагоемкости (НВ). Одним

из показателей потребности растений в воде служит *транспирационный коэффициент* — количество воды, необходимое для создания единицы сухого вещества в растении.

Потребность растений в воде изменяется по фазам роста и развития сельскохозяйственных культур. Фазы, в которые растениям требуется наибольшее количество воды, называют *критическими*.

Общий расход воды с 1 га (м^3 или в мм) называется *суммарным водопотреблением* возделываемой в данном поле сельскохозяйственной культуры, а расход на 1 т урожая — *коэффициентом водопотребления* (табл. 6). Коэффициент водопотребления имеет важное значение при расчете уровня возможной урожайности.

6. Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур для Нечерноземной зоны, $\text{м}^3/\text{т}$ сухой биомассы

Культура	Годы		
	влажные	средние	засушливые
Озимая пшеница	375—450	450—500	500—525
Озимая рожь	400—425	425—450	450—550
Яровая пшеница	350—400	400—465	485—500
Ячмень	375—425	435—500	470—530
Овес	435—480	500—550	530—590
Кукуруза	174—250	250—350	350—460
Картофель	165—300	450—500	550—660
Свекла	240—300	310—350	350—400
Лен	240—250	300—310	370—380
Многолетние травы	500—550	600—650	700—750

2.1.2. ЗАКОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Действие и взаимодействие факторов жизни растений в процессе их роста и развития необычайно сложны и многообразны. В течение длительного времени это является предметом изучения биологических и агрономических наук. Результаты многочисленных опытов, их обработка и тщательный логический анализ позволили сформулировать ряд законов. В агрономической науке они известны как *законы земледелия*, которые являются теоретической и практической основой растениеводства.

Закон равнозначимости и незаменимости факторов жизни растений. Он гласит, что все факторы жизни растений абсолютно равнозначимы и незаменимы. Согласно этому закону для роста и развития растений должен быть обеспечен приток всех факторов жизни растений — космических и земных. Растение может нуждаться как в больших, так и в ничтожно малых количествах факторов, однако отсутствие любого из них ведет к резкому снижению

урожая и даже гибели растений. В этом проявляется *абсолютный характер закона*.

Ни один фактор нельзя заменить другим. Например, недостаток фосфора нельзя заменить избытком азота, а ограниченное поступление света восполнить лучшим обеспечением растений водой и т. д.

На практике получить максимально высокий урожай можно только при бесперебойном снабжении растений всеми факторами в оптимальном количестве. Однако в конкретных условиях производства закон равнозначимости и незаменимости факторов жизни растений приобретает относительное значение вследствие неодинаковых затрат на обеспечение растений разными факторами. Это связано как с абсолютной потребностью растений в факторе, так и с его наличием в данной почве, в данном регионе, с материально-техническими возможностями производства и т. д.

Закон равнозначимости и незаменимости факторов жизни растений подчеркивает материальность земледельческого производства.

Закон минимума. Сущность закона состоит в том, что величина урожая определяется фактором, находящимся в минимуме.

Впервые этот закон сформулировал немецкий ученый Ю. Либих. Он считал, что рост урожая прямо пропорционален увеличению количества фактора, находящегося в минимуме, т. е.

$$Y = AX,$$

где Y — урожай; A — коэффициент пропорциональности для данного фактора; X — напряжение фактора.

Для наглядной демонстрации закона минимума использовали так называемую бочку Добенека, клепки (дощечки для стенок) которой условно обозначают отдельные факторы жизни растений. Они неодинаковы по высоте, каждая соответствует наличию определенного фактора (рис. 8).

Пунктиром показан максимально возможный урожай растений при оптимальном наличии всех факторов (бочка заполнена доверху). Однако фактический урожай определяется высотой самой низ-

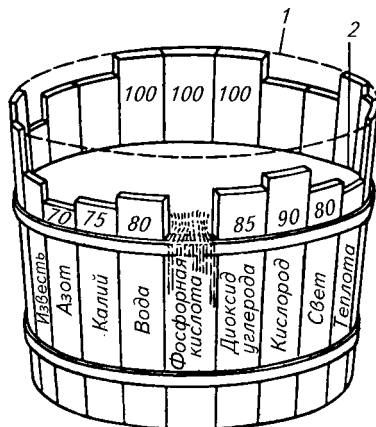


Рис. 8. Графическое изображение закона минимума:

1 — максимально возможный урожай;
2 — фактический урожай

кой клетки, т. е. количеством фактора, находящегося в минимуме. Если заменить данную клетку, то уровень воды в бочке (урожай растений) будет определять другая клетка, которая при изменившихся условиях окажется минимальной по высоте.

Закон минимума, оптимума, максимума. Сущность закона заключается в том, что при минимальных и максимальных значениях фактора урожай невозможен, а при оптимальных условиях фактора урожай максимальный.

Графическое изображение закона минимума, оптимума и максимума приведено на рисунке 9.

В этом опыте растения ячменя выращивали в стеклянных сосудах, заполненных одной и той же плодородной почвой. Все условия выращивания растений, кроме влажности почвы в сосудах, были одинаковыми. Влажность почвы в каждом из восьми сосудов была различной и составляла соответственно 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 и 100 %.

После окончания опыта урожайность в зависимости от влажности почвы распределялась следующим образом.

Влажность почвы, % ПВ	Урожайность сухого вещества, г/сосуд	Влажность почвы, % ПВ	Урожайность сухого вещества, г/сосуд
5	1	40	217
10	63	60	227
20	146	80	197
30	176	100	0

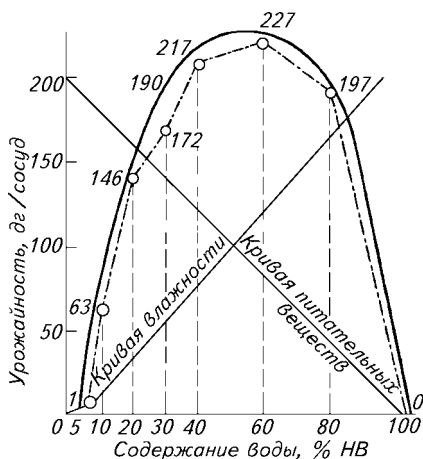


Рис. 9. Изменение урожайности растений в зависимости от содержания влаги в почве

Как следует из приведенных данных, максимальный урожай ячменя соответствует оптимальной влажности почвы в сосуде (60 % ПВ). Минимум и максимум фактора (количества влаги) не обеспечили получение урожая.

Закон совокупного действия факторов жизни растений. Все факторы жизни растений действуют совокупно, т. е. взаимодействуют в процессе роста и развития растений. Действие и взаимодействие факторов может быть положительным, суммарным или отрицательным.

Закон имеет огромное значение для практики земледелия. В этой связи В. Р. Вильямс указывал, что прогресс возможен, лишь когда наше воздействие на условия, в которых протекает это сложное производство, направлено одновременно на весь их комплекс. Этот комплекс условий представляет одно целое, все элементы которого неразрывно связаны. Воздействие на один из элементов неминуемо влечет за собой необходимость воздействия и на все остальные.

Например, применение факторов интенсификации земледелия севооборота, обработки почвы, удобрений, орошения, средств защиты растений и др. могут обеспечить различное действие и взаимодействие. При положительном взаимодействии происходит максимальный рост урожайности, при суммарном — уровень урожайности будет равен сумме действия отдельных факторов, а при отрицательном взаимодействии урожай снижается. Задачи земледельца — устранять отрицательное взаимодействие факторов и добиваться суммарного и положительного их взаимодействия.

Закон возврата. Сущность закона заключается в том, что питательные вещества, потребляемые и отчужденные из почвы с урожаем, должны быть компенсированы (возвращены в почву) с определенной степенью превышения для обеспечения повышения плодородия почвы.

К. А. Тимирязев и Д. Н. Прянишников считали этот закон одним из величайших достижений науки.

При систематическом отчуждении урожая с полей без компенсации использованных им составных частей почвы и энергии почва разрушается, теряет плодородие.

При компенсации выноса веществ и энергии из почвы последняя сохраняет свое плодородие; при компенсации веществ и энергии с определенной степенью превышения происходят улучшения почвы, расширенное воспроизводство ее плодородия.

Соблюдение и выполнение законов земледелия. Действие законов основано на методологии использования системного метода. Ценность системного метода заключается в том, что он позволяет направленно влиять на процессы формирования урожая и плодородия почвы. При этом появляется возможность быстро находить

технологические решения, исключая одностороннее необоснованное увлечение какими-либо отдельными приемами. Еще К. А. Тимирязев отмечал, что одностороннее увлечение какой-либо идеей, точкой зрения нигде не может причинить большого вреда, чем в земледелии. Для того чтобы принимаемые решения были близки к оптимальным, необходимо иметь достаточно достоверные представления о всех возможных прямых и косвенных, близких и отдаленных факторах, связанных с урожайностью культур и качеством продукции, плодородием почвы, экологическими последствиями и охраной окружающей среды.

В практике сельскохозяйственного производства достаточно примеров, когда при несоблюдении и нарушении законов земледелия не получали положительных результатов. К ним следует отнести необоснованные мелиорацию, химизацию, интенсивные технологии, реформирование АПК. Взятые без учета взаимных, системных связей факторы и приемы, кажущиеся вполне обоснованными, крайне необходимыми, экологически оправданными, в итоге часто приводили к отрицательным результатам функционирования сельскохозяйственного производства.

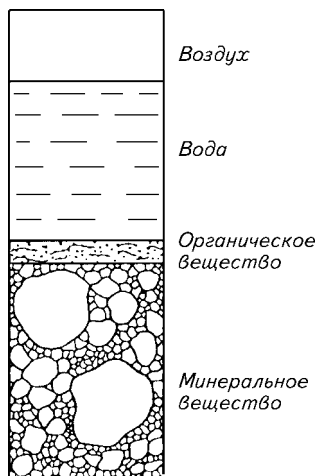
Законы земледелия проявляются в условиях производства во всеобщем законе сохранения вещества и энергии, в системе человек—природа. Попытки решить вопросы без научного обоснования, обойти или игнорировать объективные экономические и природные законы всегда заканчиваются неудачно.

2.1.3. ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЖИЗНИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

По составу почва представляет собой трехфазную гомогенную систему, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз; минеральная и органическая части (твердая фаза) представляют скелет почвы. Между твердыми частицами расположены поры, которые заполнены водой или воздухом. Сравнительные объемы компонентов почвы представлены на рисунке 10.

В зависимости от складывающегося соотношения твердой, жидкой и газообразной фаз определяют режим обеспеченности выращиваемых растений земными факторами жизни. Земледелец, изменяя соотношения между фазами, всегда пытается создать оптимальные условия для растений. В зависимости от типа почвы эти соотношения могут различаться. Оптимальным условием считается соотношение (2 : 1 : 1), когда твердая фаза занимает 50 %, а жидкая и газообразная — по 25 % (см. рис. 10). Целенаправленно изменяя соотношение объемов твердой, жидкой, газообразной фаз с помощью обработки почвы и других приемов, можно со-

Рис. 10. Сравнительные объемы компонентов почвы в пахотном слое



здать необходимые условия для водного, воздушного, пищевого, теплового режимов и обеспечить растения требуемыми факторами жизни, т. е. удовлетворить и согласовать потребности растений через плодородие почвы.

Водный режим и его регулирование.

Вода — земной фактор жизни растений; в почве она представляет собой жидкую фазу, или *почвенный раствор*. Попадая в почву различными способами (с осадками, из грунтовых вод по капиллярам, при конденсации водяных паров и т. д.), вода претерпевает определенные изменения: с одной стороны, включает в себя находящиеся в почве различные водорастворимые соединения, а с другой — теряет поглощаемые почвой вещества. Одна часть поступающей в почву воды теряется (просачивается вглубь, стекает, испаряется), а другая — удерживается почвой; она и представляет собой почвенный раствор, характеризующийся рядом показателей (рН, наличие водорастворимых органических соединений и питательных веществ, солей и др.). Значение воды в почве сравнивают с ролью крови для живых организмов.

Почвенная влага служит и в качестве терморегулятора, влияя на тепловой баланс и режим почвы.

Влажность почвы воздействует на агрофизические свойства: плотность, липкость, способность к крошению и образованию агрегатов — спелость почвы.

Период наибольшей потребности растений в воде называют *критическим*. Для большинства зерновых культур это фаза выход в трубку—колошение, для кукурузы — цветение—молочная спелость, картофеля — цветение—клубнеобразование. При недостатке воды растения резко снижают свою продуктивность.

По физическому состоянию различают три формы (категории) почвенной воды: твердую, жидкую и парообразную; по характеру связи с твердой фазой и степени подвижности воды: химически связанную, твердую, парообразную, прочносвязанную и рыхлосвязанную (капиллярная и гравитационная) (рис. 11).

Химически связанная вода. Характеризуется неподвижностью, высокой прочностью связей, неспособностью растворять, включает конституционную (гидратную) и кристаллизационную (кристаллогидратную) воду, входит в состав твердой фазы почвы.

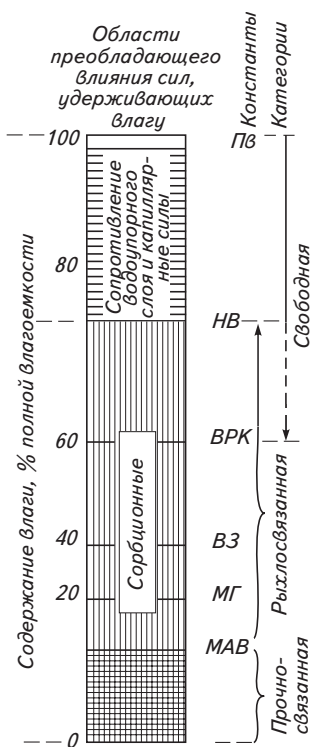


Рис. 11. Категории (формы) почвенной воды и почвенно-гидрологические константы (по Роде)

Химически связанная вода растениям недоступна.

Твердая вода. Образуется в почве в форме льда при ее промерзании в осенне-зимний период (сезонное промерзание) или сохраняется на определенной глубине в промерзшей толще почвогрунта, не оттаивая даже летом (вечная, многолетняя мерзлота). Твердая вода в почве, способная таять и испаряться, представляет собой потенциальный источник жидкой и парообразной воды.

Твердая вода неподвижна, растениям недоступна.

Парообразная вода. Содержится в виде водяного пара в почвенном воздухе, насыщая его нередко до 100%. Она передвигается в места с меньшим давлением водяных паров, а также с током воздуха.

Парообразная вода в снабжении растений водой практически значения не имеет.

Перенос воды в форме пара может осуществляться по пустотам вокруг корней, которые оттягивают влагу из окружающего почвенного пространства, что имеет значение для уплотненных посевов.

При понижении температуры парообразная вода, конденсируясь, может переходить в жидкую, которая становится доступной для растений.

Прочносвязанная вода. Это первая форма физически связанной, или сорбированной, воды, называемой *гигроскопической водой*. Она образуется в результате сорбции почвенными (преимущественно коллоидными) частицами водяных паров из воздуха. Эту способность почвы называют *гигроскопичностью*. Величина *максимальной гигроскопичности* (МГ) позволяет определить критические периоды обеспеченности растений водой. Обычно полуторная или двойная максимальная гигроскопичность соответствует влажности *устойчивого завядания растений* (ВЗ), или «мертвому запасу» воды в почве, и учитывается при расчете запаса

сов продуктивной влаги и норм полива. Для расчета влажности устойчивого завядания растений по величине МГ применяют коэффициент 1,34.

Рыхлосвязанная вода. Это вторая форма физически связанной, или сорбированной, воды, называемая *пленочной водой*. Она образуется в результате дополнительной (к МГ) сорбции молекул воды при соприкосновении твердых коллоидных частиц почвы с жидкой водой. Пленочная, или рыхлосвязанная, вода слабоподвижна, растениям малодоступна.

Капиллярная вода. В капельно-жидком состоянии она находится в капиллярах почвы. Доступна растениям. Это наиболее благоприятная для растений форма почвенной влаги.

Гравитационная вода. Занимает все крупные некапиллярные промежутки между агрегатами в почве, вытесняя воздух. Передвигается свободно под действием силы тяжести (гравитации).

Максимальное количество гравитационной воды, которое может вместить почва при заполнении всех пустот, называется *полной влагоемкостью* (ПВ).

Способность почвы к устойчивому обеспечению растений водой зависит от водных свойств почвы. К водным свойствам почвы относятся прежде всего водоудерживающая способность, влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность, потенциал почвенной воды, сосущая сила почвы.

Свойство почвы поглощать и удерживать в своем профиле воду, противодействуя стеканию ее под действием силы тяжести, называют *водоудерживающей способностью*.

Влагоемкость почвы — это максимальное количество той или иной формы (категории) почвенной воды, удерживаемое соответствующими силами в почве.

Водопроницаемость почвы — это свойство почвы впитывать и пропускать через свой профиль поступающую с поверхности воду. Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава, структуры, плотности почвы, степени ее увлажнения.

Свойство почвы обеспечивать восходящее передвижение содержащейся в ней воды под действием капиллярных сил называют *водоподъемной способностью*.

В земледелии особое значение имеют закономерности и особенности водного режима.

Совокупность протекающих в почве процессов поступления, передвижения, сохранения и потери воды называется *водным режимом почв*. Каждый из этих процессов в отдельности выступает как элемент водного режима. Количественно приход воды в почву и расход ее представляют *водный баланс*, а количественно выраженные элементы водного режима являются соответственно элементами водного баланса.

Общее уравнение водного баланса почвы:

$$B_0 + B_{oc} + B_{op} + B_r + B_k + B_{пр} + B_6 = B_{исп} + B_T + B_H + B_{ис} + B_{6с} + B_1,$$

где B_0 — начальный запас воды в почве; B_{oc} — сумма атмосферных осадков за исследуемый период; B_{op} — количество воды, поступившей с поливом (если есть орошение); B_r — количество воды, поступившей в почву из грунтовых вод; B_k — количество воды, поступившей в почву в результате конденсации из водяных паров; $B_{пр}$ — количество воды, поступившей в почву в результате притока по поверхности; B_6 — количество воды, поступившей в почву с внутрипочвенным боковым притоком; $B_{исп}$ — физическое испарение, т. е. количество воды, испарившейся с поверхности почвы за период исследований; B_T — десукция, количество воды, израсходованной на транспирацию; B_H — количество воды, потерянной в результате инфильтрации в толщу почвогрунта; $B_{ис}$ — количество воды, потерянной в результате поверхностного стока; $B_{6с}$ — количество воды, потерянной в результате бокового внутрипочвенного стока; B_1 — конечный запас воды в почве (в конце периода исследований).

Запасы воды в почве ($m^3/га$ или мм водяного слоя)

$$B = advh,$$

где B — запас воды, $m^3/га$ для слоя h ; a — полевая влажность, %; d — плотность почвы, $г/см^3$; h — мощность слоя, см.

Водный режим почв формируется под влиянием ряда факторов, основные из которых климат, рельеф, водно-физические свойства почвогрунтов, условия водного питания. Особое влияние на водный режим почв оказывает хозяйственная деятельность человека. Специфику формирования водных режимов зональных типов почв определяют прежде всего количество атмосферных осадков и температурный режим.

В зависимости от количества атмосферных осадков и их испарения выделяют шесть типов водного режима: мерзлотный, промывной, периодически промывной, непромывной, выпотной и ирригационный.

Мерзлотный тип. Характерен для территорий распространения вечной (многолетней) мерзлоты. Служащая водоупором вечная мерзлота обуславливает переувлажнение верхнего сезонно оттаивающего «деятельного» слоя почвы.

Промывной тип. Характерен для территорий с преобладанием годовой суммы осадков над испарением, что обуславливает господство в почве нисходящих токов воды (рис. 12, А). В условиях такой интенсивной промывки происходит вынос продуктов почвообразования за пределы почвенного профиля.

Периодически промывной тип. Характерен для территорий, где годовое количество осадков и испарения примерно равно. Чередование влажных и сухих лет обуславливает чередова-

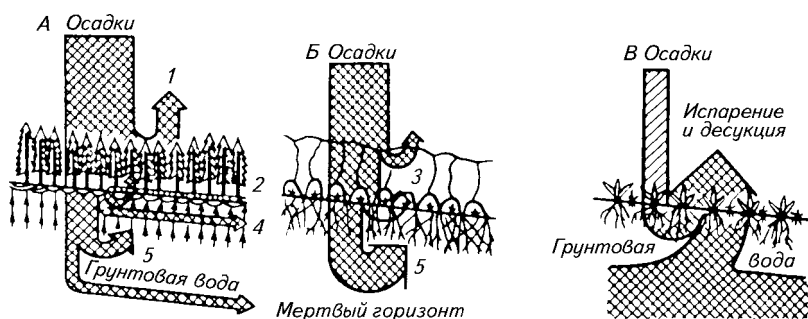


Рис. 12. Схема водного баланса при промывном (А), непромывном (Б) и выпотном (В) типах водного режима (по Роде):

1 — испарение с растительной поверхности; 2 — поверхностный сток; 3 — испарение с поверхности почвы; 4 — внутрпочвенный сток; 5 — десукция

ние промывного (сквозное промывание почвогрунта) и непромывного (ограниченное промачивание) типов водного режима.

Непромывной тип. Характерен для территорий, где годовое количество осадков меньше, чем испарения, а атмосферные воды не достигают грунтовых вод (рис. 12, Б).

Выпотной тип. Характерен для территорий с непромывным типом при условии близкого залегания грунтовых вод. В этом случае (особенно для зон пустынь и полупустынь) происходит интенсивное поднятие влаги по капиллярам от грунтовых вод к поверхности почвы и ее испарение (рис. 12, В).

Ирригационный тип. Характерен для искусственно орошаемых территорий.

Орошение и осушение — наиболее интенсивные приемы регулирования водного режима почв.

Практика регулирования водного режима, как и само земледелие, имеет давнюю историю и основывается на учете почвенно-климатических условий территории и биологических особенностей возделываемых культур. Для этого используют агротехнические, агро-мелиоративные, гидромелиоративные, лесомелиоративные и другие приемы или их сочетания.

Воздушный режим и его регулирование. От воздушного режима почвы в большой степени зависит продуктивность растений. Почвенный воздух, его состав и газообмен между почвой и приземным слоем атмосферы также относятся к земным факторам жизни растений.

Газообразная фаза почвы включает почвенный воздух и паровоздушную влагу. Доля ее в общей массе почвы зависит от типа почвы, ее структуры и физико-механических свойств. Основной

компонент газообразной фазы — почвенный воздух. Он занимает все поры почвы, свободные от воды. Поэтому количество его в почве зависит от пористости и влажности почвы. Оптимальное содержание воздуха в пахотном слое для зерновых культур составляет 15—20 %, для пропашных — 20—30, для многолетних трав — 17—21 % общей пористости.

Чем больше пористость и меньше влажность почвы, тем больше в ней воздуха. Важнейшие факторы воздушного режима почвы — воздухоемкость и воздухопроницаемость.

Воздухоемкость — это та часть объема почвы, которая при данной влажности занята воздухом. Влажность и пористость почвы постоянно изменяются, поэтому и воздухоемкость — величина переменная.

Воздухопроницаемость — способность почвы пропускать через себя воздух. Воздухопроницаемость — неперенное условие для осуществления газообмена между почвой и атмосферным воздухом.

Почвенный воздух по составу существенно отличается от атмосферного. Основные компоненты атмосферного воздуха — азот (78,08 %), кислород (20,95 %), инертные газы (0,94 %) и диоксид углерода (0,03 %).

В почвенном воздухе по сравнению с атмосферным меньше кислорода и больше диоксида углерода.

Процесс обмена почвенного воздуха с атмосферным называют *аэрацией*, или *газообменом*. Газообмен осуществляется через систему воздухоносных пор почвы, сообщающихся между собой и с атмосферой. К факторам, вызывающим газообмен, относятся: диффузия; изменение температуры почвы, барометрического давления, количества влаги в почве под влиянием осадков, орошения и испарения; влияние ветра; изменение уровня грунтовых вод.

Тепловой режим и его регулирование. Тепловой режим почвы включает совокупность поступления и отдачи тепла почвой, его передвижения в ней и все изменения температуры почвы.

Источник тепла в почве — лучистая энергия Солнца; тепло, получаемое от воздуха; тепло, образующееся в результате разложения органических остатков; внутреннее тепло земного шара; тепло от радиоактивных процессов, происходящих в почве. Из пяти источников тепловой энергии последние три настолько малы, что ими можно пренебречь. Количество тепла, получаемого почвой от воздуха, также невелико и может иметь существенное значение лишь в отдельных случаях, например при вторжении теплых воздушных масс. Таким образом, наиболее важный источник тепла — лучистая энергия Солнца.

Основные тепловые свойства почвы — теплопоглощительная способность, теплоемкость, теплопроводность, теплоиспускательная способность.

Теплопоглощительная способность почвы. Проявляется в поглощении почвой лучистой энергии Солнца. Одновременно происходит отражение энергии от поверхности почвы.

Поглотительную способность почвы обычно характеризует *альбе́до* — величина, которая показывает, какую часть поступающей лучистой энергии отражает поверхность почвы. Альбе́до зависит от цвета почвы, ее структурного состояния, влажности и выровненности поверхности, а также от особенностей растений, цвета их листьев и стеблей. Высокогумусированные почвы (черноземы) поглощают лучистой энергии на 10—15 % больше, чем малогумусированные, так же, как и глинистые по сравнению с песчаными.

Альбе́до орошаемых участков на 5—11 % ниже, чем сухих; альбе́до чистого сухого снега равно 88—91 %, мокрого — 70—82 %.

Теплоемкость почвы. Различают весовую и объемную теплоемкость почвы. *Весовая теплоемкость* — количество теплоты в джоулях, затрачиваемое на нагревание 1 г почвы на 1 °С (Дж/г на 1 °С). *Объемная теплоемкость* — количество тепла в джоулях, затрачиваемое для нагревания 1 см³ почвы на 1 °С (Дж/см³ на 1 °С).

Теплоемкость зависит от минералогического, гранулометрического составов и влажности почвы, а также от содержания в ней органического вещества. Например, у кварцевого песка весовая теплоемкость меньше, чем у торфа. Весовая и объемная теплоемкости воды равны 1.

Теплопроводность почвы. Это способность почвы проводить тепло. Она измеряется количеством тепла в джоулях, которое проходит за 1 с через 1 см³ почвы.

На величину теплопроводности влияют химический и гранулометрический составы, влажность, содержание воздуха, плотность и температура почвы.

В сухом состоянии почвы, богатые гумусом и обладающие высокой порозностью аэрации, очень плохо проводят тепло.

Теплопроводность твердой фазы примерно в 100 раз больше теплопроводности воздуха. Поэтому рыхлая почва менее теплопроводна, чем плотная. При повышении плотности с 1,1 до 1,6 г/см³ теплопроводность уменьшается в 6 раз. При равных условиях более влажная почва более теплопроводна, чем сухая. При увеличении влажности почвы с 0,1 до 25—30 % теплопроводность увеличивается в 5 раз.

Теплоиспускательная способность почвы. Это способность почвы выделять тепловые лучи. Она зависит от состояния почвы, поверхности, степени ее увлажнения.

Минеральные почвы благодаря большей теплопроводности лучше излучают тепло, чем торфянистые.

Влажные почвы из-за большой теплоиспускательной способности воды выделяют значительно больше тепловых лучей, чем

сухие. Почвы с гладкой поверхностью характеризуются меньшей теплоиспускательной способностью по сравнению с шероховатыми.

Тепловой режим почв зависит от рельефа местности. Экспозиция склонов и их крутизна определяют разницу в количестве тепла, получаемого от солнечной радиации. Почвы на южных, юго-западных и юго-восточных склонах прогреваются лучше, чем на северных, северо-западных и северо-восточных склонах и выровненных пространствах.

Почвы, покрытые растительностью (озимые, травы, лес и т. д.), промерзают меньше, чем непокрытые (без растительности, мульчи и т. д.). В разных почвенно-климатических зонах складываются различные температурные режимы почв.

В зависимости от характера промерзания и величины среднегодовой температуры выделяют четыре типа температурного режима: мерзлотный, длительно сезоннопромерзающий, сезоннопромерзающий, непромерзающий.

Мерзлотный. Характерен для областей с вечной мерзлотой. Нагревание почвы сопровождается ее протаиванием, а охлаждение — промерзанием до верхней границы многолетнемерзлого грунта. Среднегодовая температура почвы и температура почвы на глубине 0,2 м самого холодного месяца отрицательные.

Длительно сезоннопромерзающий. Процесс нагревания в начальной стадии сопровождается оттаиванием, а процесс охлаждения — глубоким промерзанием. Длительность промерзания почвы составляет не менее 5 мес. Глубина проникновения отрицательных температур превышает 1 м. Среднегодовая температура обычно положительная. Температура самого холодного месяца на глубине почвы 0,2 м отрицательная.

Сезоннопромерзающий. Процесс нагревания вначале сопровождается оттаиванием, а процесс промерзания — неглубоким промерзанием. Глубина проникновения в почву отрицательных температур не более 2 м. Длительность сезонного промерзания — от нескольких дней до 5 мес. Температура самого холодного месяца на глубине почвы 0,2 м отрицательная. Среднегодовая температура положительная.

Непромерзающий. Промерзание не наблюдается. Отрицательные температуры почвы отсутствуют или держатся несколько дней. Температура самого холодного месяца на глубине почвы 0,2 м положительная.

Температурный режим почвы непосредственно влияет на развитие растений. Это особенно сказывается на скорости роста корневой системы.

Световой режим и его регулирование. *Световой режим почвы* — совокупность поступлений и отдачи (отражения) света почвой.

Основной источник света, попадающий на землю, — лучистая энергия Солнца. Световому режиму свойственны суточные и годовые циклы (периодичность) поступления на землю. Длина дня — решающий фактор, влияющий на рост и развитие растений.

Поскольку источник тепловой и световой энергии, теплового и светового режимов почвы один — лучистая энергия Солнца, чаще и полнее рассматривались тепловой режим почвы, его значение и приемы регулирования.

Установлено, что в зависимости от интенсивности освещения в значительной степени изменяются микробиологическая и биологическая активность почвы, деятельность ферментов, усиливается окисление гумуса, активизируется процесс нитрификации. Солнечный свет — мощный фактор повышения эффективного плодородия почвы, роль которого изучена еще недостаточно.

Регулирование теплового и светового режимов почвы заключается в улучшении условий жизни культурных растений. В зависимости от условий зоны оно может быть направлено на увеличение потока тепла и света к поверхности почвы (северные районы) или на уменьшение такового (южные районы).

Приемы активного влияния на тепловой режим почвы можно разделить по характеру действия на агротехнические, агромелиоративные и агрометеорологические.

К группе *агротехнических приемов* относятся следующие способы обработки почвы: глубокое рыхление, прикатывание, гребневание, оставление стерни, мульчирование. *Агромелиоративные приемы* включают лесонасаждение, борьбу с засухой, орошение, осушение. *Агрометеорологические приемы* направлены на снижение излучения тепла из почвы, борьбу с заморозками и т. д.

Лесные полосы оказывают комплексное воздействие на тепловой и водный режимы почв. Они способствуют накоплению снега на полях и сокращают сток талых вод, непосредственно влияя на температуру почвы. Лесные насаждения изменяют микроклимат местности, снижают скорость ветра в межполосном пространстве по сравнению с открытой местностью на 20—40 %.

Орошение снижает отраженную радиацию на 20 %. После полива также уменьшается излученная радиация. Все это увеличивает приход тепловой энергии к почве. Орошение увеличивает и теплопроводность почвы, способствуя более равномерному ее прогреванию и уменьшению температурных колебаний.

Применение больших доз органических удобрений вызывает повышение температуры почвы.

Температуру почвы можно изменить *мульчированием* поверхности. Мульчирующее покрытие меняет отражательный и излучательный элементы радиационного баланса, т. е. альбедо и кон-

станты излучения поверхности почвы. Черная мульча уменьшает альбедо почвы на 10—15 %. Белая мульча может снизить избыточное нагревание почвы. Применение в качестве мульчирующего покрытия прозрачных пленок приводит к более интенсивному нагреванию почвы, чем использование темных пленок. Это происходит потому, что прозрачные пленки пропускают видимую часть солнечного спектра и инфракрасную радиацию к поверхности почвы и уменьшают расход тепла.

К простейшим приемам регулирования теплового баланса относятся снегозадержание, создание дымовых завес, затенение поверхности почвы с помощью щитов, белой мульчи и др.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите факторы жизни растений и дайте их характеристику. 2. Назовите законы земледелия. Каковы их сущность и использование в практике сельскохозяйственного производства? 3. Что такое плодородие почвы? 4. Какие вы знаете показатели плодородия? Дайте их названия и характеристику. 5. Как создать оптимальные условия для роста и развития растений? 6. Перечислите основные почвенные режимы. Как они регулируются? 7. Можно ли определить баланс воды?

2.2. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ

2.2.1. ПОНЯТИЕ О ВОСПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ

Учение о плодородии почв и его воспроизводстве — одно из теоретических основ научного земледелия. По мере развития науки и практики земледелия содержание понятия «плодородие почвы» менялось.

Однако с плодородием всегда связывали пригодность почвы для возделывания культурных растений и удовлетворение их потребностей в земных факторах жизни. Удовлетворение потребностей растений в воде, воздухе и питательных веществах осуществляется в основном через почву, а степень обеспечения их обусловлена почвенными свойствами и режимами. Таким образом, плодородие является объективным интегральным показателем, отражающим состояние свойств и почвенных процессов.

В современной земледелии под *плодородием почвы* следует понимать ее способность служить культурным растениям средой обитания, источником и посредником в обеспечении земными факторами жизни и выполнять экологические функции. Плодородная почва должна соответствовать следующим требованиям:

обеспечивать оптимальные условия водно-воздушного и теплового режимов;

содержать достаточное количество подвижных форм питательных веществ;

трансформировать питательные вещества почвенных запасов и вносимых извне и накапливать их;

обладать сильно выраженным фитосанитарным эффектом, проявляющимся в устранении фитотоксичных веществ и микроорганизмов, фитопатогенов и установлении равновесия между полезной и вредной энтомофауной в межвегетационные периоды, быть относительно чистой от семян и вегетативных органов размножения сорных растений;

быть устойчивой к различным факторам разрушения и пригодной для современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Плодородие почвы — одно из объективных условий получения урожая. Однако величина урожая зависит также от растения, климата, исторического времени и деятельности земледельца. Для реализации своего потенциала каждой культуре требуются конкретные почвенные условия, продолжительность вегетационного периода с определенными тепло- и влагообеспеченностью, своевременное и качественное выполнение технологических приемов возделывания растений с учетом уровня развития научно-технического прогресса. Поэтому плодородие почвы не всегда характеризуется уровнем урожая. В то же время при прочих равных условиях урожай культуры будет определяться плодородием почвы.

Особое место плодородия среди факторов урожая обусловлено тем, что применение удобрений, орошения, новых технологий выращивания культур и т. д. лимитируется прежде всего уровнем почвенного плодородия как посредника в их использовании. Возрастает и экологическое значение плодородия в повышении устойчивости почвы как элемента биосферы к деградации.

Уровень плодородия одних и тех же типов и разновидностей почвы во многом зависит от их пространственного расположения в пределах ландшафта, характеризующегося рельефом, крутизной и экспозицией склонов, гидрологическим режимом, химическим составом почвообразующих пород и др.

Учитывая различный уровень плодородия почв агроландшафтов, необходимо дифференцированно подходить к их использованию в земледелии.

Для количественной оценки плодородия почвы в земледелии используют показатели, находящиеся в корреляционной связи с урожаем: агрофизические, биологические и агрохимические.

Агрофизические показатели плодородия почвы представлены гранулометрическим и минералогическим составом, структурой, плотностью, порозностью, воздухоемкостью и мощностью пахотного слоя. К *биологическим показателям* относятся содержание, за-

пасы и состав органического вещества почвы, активность почвенной биоты, фитосанитарное состояние почвы. Группу *агрохимических показателей* плодородия составляют содержание питательных веществ, реакция почвенной среды и поглощательные свойства почвы.

Показатели плодородия в большинстве случаев взаимосвязаны. Одни из них являются основополагающими, они определяют состояние всех почвенных процессов. К ним относятся гранулометрический и минералогический состав, органическое вещество и фитосанитарное состояние почвы. Другие показатели плодородия, такие, как активность почвенной биоты, агрофизические и агрохимические, — в значительной мере производные от вышеназванных.

Наряду с понятием «плодородие почвы» в агрономии широко используют термин «окультуривание почвы». Под *окультуриванием* понимают улучшение природных свойств почвы, т. е. повышение ее плодородия посредством применения агрометеорологических мероприятий: почвоуглубления, систематической обработки, удобрения, известкования или гипсования, орошения, осушения и др. Наряду с этим выделяют понятие «окультуривание поля», связанное с культуртехническим воздействием на пахотные земли, увеличением размера контуров поля, выравниванием, удалением камней и т. д. с целью создания благоприятных условий для работы сельскохозяйственной техники.

В современном земледелии понятие «окультуривание почвы» применимо к вновь осваиваемым почвам с очень низким естественным плодородием (подзолистые, солонцы и др.), сильно смытым почвам при вовлечении в пахотный слой неплодородного подпахотного горизонта. В этих случаях, по существу, приходится не воспроизводить, а создавать плодородие. Такая же задача возникает при восстановлении почвы в местах добычи полезных ископаемых или торфяных разработок. Поскольку на этих ландшафтах прежде были культурные плодородные почвы, их восстановление называют *рекультивацией*. По мере приобретения присущих обрабатываемым почвам свойств в последующем осуществляют воспроизводство плодородия окультуренных и рекультивированных почв.

При земледельческом использовании почвы ее плодородие снижается, поскольку для производства растениеводческой продукции расходуются органическое вещество и элементы минерального питания, ухудшаются условия водно-воздушного режима, фитосанитарное состояние, микробиологическая деятельность и т. д. Поэтому возникает необходимость управления плодородием почвы в интенсивном земледелии. Оно базируется на нормативно-технологической основе: определении оптимальных пара-

метров показателей плодородия почвы в конкретных условиях производства и технологий воспроизводства оптимальных уровней плодородия.

Воспроизводство плодородия почвы бывает простое и расширенное. Возвращение почвенного плодородия к исходному первоначальному состоянию означает *простое воспроизводство*. Создание почвенного плодородия выше исходного уровня — это *расширенное воспроизводство* плодородия. Простое воспроизводство применимо для почв с оптимальным уровнем плодородия, расширенное воспроизводство — для почв с низким естественным уровнем плодородия, неспособным обеспечить достаточную эффективность факторов интенсификации земледелия. Расширенное воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв — обязательное условие расширенного воспроизводства продукции земледелия вообще.

Управление плодородием почвы в современной земледелии должно осуществляться на основе соответствующих моделей. Модель плодородия почвы представляет собой сочетание экспериментально установленных показателей плодородия, находящихся в тесной корреляции с величиной урожая. Ее разрабатывают для конкретных почвенно-климатических и производственных условий выращивания сельскохозяйственных культур и их продуктивности.

Примерная модель плодородия дерново-подзолистых среднесуглинистых почв Нечерноземной зоны России приведена ниже. Продуктивность модели 4,5—6,0 т/га зерна, или 6500—7500 корм.ед.

*Показатели плодородия
и их параметры*

*Технологические и вещественные факторы
простого воспроизводства плодородия*

Агрофизические

1. Плотность 1,1—1,2 г/см³, порозность 50—55 %, воздухоемкость 25—30 %.
2. Структура мелкокомковатая, водопрочность макроструктуры более 40 %.
3. Мощност пахотного слоя 25—30 см. Подзолистый горизонт отсутствует

Обработка почвы разноглубинная, сочетающая отвальные и безотвальные приемы, почвозащитная с элементами минимализации

Биологические

1. Содержание в пахотном слое гумуса 2,5—3 %, запас гумуса 75—90 т/га.
2. Активность почвенной биоты высокая.
3. Фитосанитарное состояние — численность сорняков поддерживается на уровне экономического порога вредоносности, возбудители болезней и вредители отсутствуют

Внесение органических удобрений в дозе 10—12 т/га
Посев многолетних трав — 25 — 30 % общей структуры посева

Агрохимические

1. Состояние ППК и кислотности: pH_{KCl} 6,0—6,5, $S = 7-12$ мг-экв, $V = 80-90$ %.

2. Содержание НРК, мг/кг почвы: минеральный азот — 30—50, подвижные формы фосфора — 150—250, подвижные формы калия — 200—250.

3. Содержание микроэлементов, мг/кг почвы: медь — 0,8—1,2, молибден — 0,2—0,4, бор — 0,5—0,6, цинк — 5—7

Известкование по полной гидролитической кислотности 1 раз в 5—6 лет.

Внесение минеральных удобрений: НРК — 250—300 кг/га севооборотной площади при соотношении $N : P : K = 1 : 0,5-0,6 : 1,2-1,3$

Воспроизводство плодородия почвы в современном земледелии осуществляют двумя способами: вещественным и технологическим. Первый предполагает применение удобрений, мелиорантов, пестицидов и т. д., второй — севооборота, промежуточных культур, различных приемов обработки почвы, способов посева и др. Эти способы направлены на достижение единой цели, хотя механизм действия их различен.

Вещественные факторы воспроизводства наиболее сильно и многообразно воздействуют на плодородие почвы. Технологическое воздействие не в состоянии компенсировать материальные потери почвенного плодородия; его эффект основан на мобилизации вещественных ресурсов почвы и краткосрочен. В итоге это приводит к снижению постоянных источников почвенного плодородия, хотя и обеспечивает кратковременный успех в повышении урожая сельскохозяйственных культур.

Естественно-научная основа теории воспроизводства плодородия почвы — закон возврата: частное проявление всеобщего закона сохранения вещества и энергии.

Воспроизводство плодородия почвы начинают с определения оптимальных параметров модели плодородия. Модели плодородия строго дифференцированы в зависимости от природных условий хозяйства, специализации земледелия, экономического уровня производства. Экспериментальное обоснование параметров плодородия конкретных земледельческих регионов позволяет дать объективную агрономическую оценку почвы. Это означает, что каждая модель плодородия почвы должна обеспечивать эффективное использование удобрений, специализированных севооборотов, современных ресурсосберегающих технологий обработки почвы, мелиорации, средств защиты растений.

Нормативную эффективность дифференцированных, экспериментально определенных моделей плодородия почвы обязательно должна дополнять экономическая оценка технологий воспроизводства параметров модели. Без экономической оценки воспроиз-

водства плодородия почвы невозможно объективно сопоставить получаемый от модели эффект с затратами на его поддержание.

Агроэкономическая оценка моделей плодородия позволяет в конкретных природно-экономических условиях производства определить уровни воспроизводства плодородия в целом или по отдельным показателям — простое или расширенное воспроизводство. Параметры моделей плодородия и уровни их воспроизводства изменяются в зависимости от темпов интенсификации производства, специализации и концентрации земледелия.

В интенсивном земледелии осуществляют воспроизводство всех показателей плодородия, однако первостепенное значение принадлежит воспроизводству наиболее важных из них для конкретных почв и условий производства. Для большинства типов почв интегральным показателем плодородия являются содержание органического вещества и его качественное состояние.

Особое положение органического вещества в плодородии интенсивно используемой почвы объясняется прежде всего функциональной зависимостью процессов почвообразования от органического вещества. Развитие почвы как естественно-исторического тела — следствие постоянно происходящих процессов синтеза и разрушения органического вещества. Органическое вещество обеспечивает непрерывность проявления всех звеньев круговорота веществ и энергии при почвообразовании.

Земледельческое использование почв не только не уменьшает значение этой объективной закономерности почвообразования и развития почвенного плодородия, но и ставит ее на качественно новый уровень. В интенсивном земледелии требования к плодородию почвы настолько велики, что органическое вещество почвы выступает как важнейшая основа биотехнологической сущности земледелия.

Органическое вещество сильно влияет на комплекс важнейших агрономических свойств почвы: биологические, агрофизические и агрохимические.

Особую значимость приобретает энергетическая, почвозащитная и экологическая роль органического вещества, выступающего как средство организации почвенной среды и факторов создания урожая.

Принципиальное значение имеет экспериментально установленный и теоретически обоснованный факт возрастающей роли органического вещества почвы по мере дальнейшей интенсификации земледелия.

Среди основных факторов управления органическим веществом почвы (растение, удобрение, обработка почвы, мелиорация) ведущая роль принадлежит растению. Через него прямо и косвенно используются новые количества факторов жизни растений. Ра-

стение обуславливает их перевод в биологически связанное состояние, наиболее ценное по своей природе, безвредное экологически, снабженное необходимым запасом энергии.

Органическое вещество почвы — прежде всего часть урожая растений, подвергаясь значительному биохимическому превращению. Для существенного повышения содержания органического вещества почвы требуется время. Поэтому в системе земледелия необходимо исходить из реальных возможностей воспроизводства органического вещества пахотных почв, которые наиболее эффективно реализуются при долговременном, планомерном и систематическом воздействии комплекса практических приемов по воспроизводству органического вещества пахотных почв.

2.2.2. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВО

Гранулометрический и минералогический состав почвы. Твердая фаза почвы представляет собой смесь механических элементов трех видов: минеральных, органических и органоминеральных. В минеральных почвах преобладают минеральные механические частицы разных формы и размера, разного химического и минералогического состава.

Относительное содержание в почве механических элементов (фракций) называется *гранулометрическим составом*.

Механические частицы почвы диаметром больше 1 мм именуется скелетом почвы, частицы меньше 1 мм — мелкоземом. Мелкозем подразделяют на физический песок (частицы $> 0,01$ мм) и физическую глину (частицы $< 0,01$ мм).

В зависимости от содержания физического песка и физической глины почвы бывают песчаными, супесчаными, суглинистыми (легкие, средние, тяжелые), глинистыми (легкие, средние, тяжелые), а в зависимости от величины сопротивления, оказываемого при обработке, почвы по гранулометрическому составу условно подразделяют на легкие (песчаные и супесчаные), средние (легко и среднесуглинистые) и тяжелые (тяжелосуглинистые и глинистые).

Гранулометрический состав почвы определяет прежде всего ее поглотительные (сорбционные) свойства. Тонкодисперсные частицы из-за большой абсолютной и удельной поверхности обладают высокой емкостью поглощения. С измельчением частиц возрастают их гигроскопичность, влагоемкость, пластичность, липкость и другие технологические свойства. Частицы менее 0,001 мм обладают четко выраженной коагуляционной способностью. Эта способность механических тонкодисперсных частиц исключи-

тельно важна при структурообразовании. Вследствие высокой погложительной способности в них содержится наибольшее количество гумуса.

Плотность почвы уменьшается по мере увеличения содержания физического песка в ее составе.

Валовой химический состав разных механических фракций почвы закономерно изменяется независимо от почвенного типа. Так, по мере увеличения дисперсности частиц в них резко уменьшается содержание кислорода и возрастает количество железа, алюминия, кальция, магния, калия и натрия. Частицы меньше 0,001 мм — наиболее ценная часть рыхлых пород и почв, поскольку в них находятся основные запасы зольных питательных элементов.

В минералогическом составе более крупных фракций механических частиц содержатся преимущественно минералы типа кварца и полевых шпатов. В более дисперсной части почвы имеются мусковит и другие слюды. В илистой фракции преобладают вторичные минералы: монтмориллонит, нонтронит, галлуазит, каолинит, иллит. Они положительно влияют на сорбционные свойства почвы и ее питательный режим, так как обладают сложной кристаллической решеткой и богаты кальцием.

Наступление *физической спелости почвы* (способность почвы распадаться на мелкие комки, крошиться при определенной влажности) зависит от гранулометрического состава при прочих равных условиях: почвы легкого гранулометрического состава успевают раньше, чем тяжелого. Пределы пластичности почвы в решающей степени определяются содержанием физической глины — с увеличением физической глины предел пластичности расширяется. Аналогично гранулометрический состав влияет и на твердость почвы. Почвы с высокой твердостью оказывают большое сопротивление рабочим органам почвообрабатывающих машин и препятствуют росту проростков и корней растений.

Набухаемость почвы происходит за счет оболочек связанной воды, которые формируются вокруг коллоидных и глинистых частиц. Эти оболочки уменьшают силу сцепления между частицами, раздвигают их и способствуют увеличению объема почвы. Величина и характер набухания почвы зависят от ее минералогического состава, в частности от содержания вторичных минералов, имеющих подвижную кристаллическую решетку (монтмориллонит).

Липкость как технологическое свойство почвы ухудшает качество обработки. С увеличением содержания физической глины липкость почвы растет, достигая максимума на глинистых почвах.

Гранулометрический состав как фактор плодородия пахотных почв оказывает существенное влияние на их *продуктивную способность*.

В большинстве случаев наиболее благоприятное сочетание агрофизических, биологических и агрохимических показателей плодородия в почвах среднего гранулометрического состава. Следует иметь в виду, что для разных почвенных типов, сильно различающихся по плодородию, оценка гранулометрического состава как показателя плодородия может значительно варьировать. Например, наиболее высокое плодородие черноземов соответствует, как правило, тяжелому гранулометрическому составу. Для дерново-подзолистых почв, сформировавшихся в зоне достаточного и избыточного увлажнения, благоприятен более легкий гранулометрический состав.

При длительном сельскохозяйственном использовании почвы ее гранулометрический и минералогический состав не претерпевает существенных изменений. Это служит надежной основой, определяющей диапазон изменения многих свойств почвы и плодородия в целом, для разработки моделей плодородия. Кроме того, гранулометрический состав не требует воспроизводства. Исключение составляет защищенный грунт или небольшие площади земель, где гранулометрический состав можно изменять в ту или иную сторону, добавляя песок или глину.

Структура почвы. Это важный показатель физического состояния плодородной почвы. Она определяет благоприятное строение пахотного слоя почвы, ее водные, физико-механические и технологические свойства и водно-гидрологические константы.

Частицы твердой фазы, как правило, склеиваются в комочки (агрегаты). Способность почвы распадаться на агрегаты называют *структурностью*, а различные по величине и форме агрегаты — *структурой*. По классификации С. А. Захарова, по форме различают следующие типы структуры: глыбистую, комковатую, ореховатую, зернистую, столбчатую, призматическую, плитчатую, пластинчатую, листоватую, чешуйчатую.

Черноземы в естественном состоянии характеризуются отчетливо выраженной зернистой структурой, серые лесные почвы — ореховатой. Хорошо окультуренные дерново-подзолистые почвы приобретают комковатую структуру, а неокультуренные подзолы отличаются плитчатой и листоватой структурой.

В земледелии принята следующая классификация структурных агрегатов по величине: глыбистая структура — комки более 10 мм, макроструктура — от 0,25 до 10, микроструктура — менее 0,25 мм.

С агрономической точки зрения особый интерес представляет мелкокомковатая и зернистая структура с размером частиц 0,25—10 мм. Одновременно эта структура должна быть пористой, механически упруго- и водопрочной. Особое значение наряду с водопрочностью приобретает оптимальная пористость структурных агрегатов. Например, в иллювиальном горизонте дерново-

подзолистых почв, а также в слитых черноземах структура водопрочная, но с низкой степенью пористости. Такая структура агрономически неблагоприятна и нехарактерна для плодородной почвы.

В ряде случаев важное значение для оценки качества почв имеет микроструктура. Почвы такой структуры обладают благоприятным комплексом водно-воздушных свойств. Это наблюдается в сероземных почвах, поглощающий комплекс которых богат коллоидами и насыщен кальцием.

Благоприятные свойства микроструктуры для ряда почв обуславливают необходимость учета этой характеристики наряду с содержанием в почве макроагрегатов.

Благоприятные размеры макро- и микроагрегатов для пахотной почвы в большей мере относительны. В более влажных условиях оптимальные размеры структурных агрегатов увеличиваются (1—3 мм), а в засушливых — уменьшаются (0,5—1 мм). Однако в условиях эрозионной опасности и в засушливых районах особое значение для агрономии приобретает увеличение размеров агрегатов до 2 мм в диаметре.

Образование структурных агрегатов в почве, по М. А. Качинскому, происходит в результате взаимного осаждения (коагуляции) коллоидов и коагуляции коллоидов под влиянием электролитов. Однако эти процессы проявляются на фоне более общих физико-механических, физико-химических и биологических факторов структурообразования.

Большое значение имеет механическое разделение почвенной массы на структурные отдельности (комки). В природных условиях оно происходит под воздействием корневых систем растений, жизнедеятельности биоты почвы, под влиянием периодических промораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания почвы, а в обрабатываемых почвах и под воздействием почвообрабатывающих орудий.

Влияние растительности на образование структуры обусловлено степенью развития корневой системы. Так, многолетние травы с мощной корневой системой оказывают большее влияние на процесс структурообразования, чем однолетние культуры. Процесс образования структуры под действием растений проходит в два этапа: расчленение корневой системой почвенной массы на структурные отдельности и агрегатирование их продуктами разложения корневых выделений и остатков.

Сменяющиеся промерзание и оттаивание оптимально увлажненной почвы положительно влияют на образование структурных агрегатов и разрыхление почвы. Эффект промораживания—оттаивания основан на одновременном замерзании и оттаивании воды, находящейся в некапиллярных и капиллярных порах.

Механические факторы структурообразования особенно сильно проявляются в процессе обработки почвы. При работе почвообрабатывающих орудий наибольшее количество макроагрегатов образуется в физически спелой (в состоянии оптимальной влажности структурообразования) почве.

Значение физико-химических факторов в образовании почвенной структуры обуславливается, с одной стороны, характером воздействия катионов на почвенные коллоиды, с другой — взаимодействием самих коллоидов, их природой. Так, водопрочность структуры возрастает при необратимой коагуляции коллоидов катионами двух- и трехвалентных элементов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}). Одновалентные катионы, наоборот, уменьшают водопрочность структуры вследствие обратимой коагуляции коллоидов.

Природа коллоидов также сильно влияет на прочность структурных агрегатов. Последние образуются с помощью минеральных и органических коллоидов, однако водопрочность агрегатов при этом сильно различается. Наибольшей водопрочностью характеризуются почвенные агрегаты, сцементированные органическими коллоидами (гуматами двух- и трехвалентных катионов). Что касается природы минеральных коллоидов, то минералы типа монтмориллонита и гидрослюды обеспечивают бóльшую водопрочность агрегатов, чем кварц, кремнекислота и каолинит. Гидроксиды железа и алюминия играют важную роль при структурообразовании латеритных почв (с плотным горизонтом, обогащенным и цементированным оксидами железа, иногда марганца).

Действие химических факторов структурообразования проявляется, в частности, при смене восстановительных процессов окислительными в почвах с временным избыточным увлажнением. По данным Н. А. Качинского, структура почвы, возникшая с помощью химических факторов, как правило, неводопрочная.

Основную роль в образовании водопрочной структуры почвы играют биологические факторы — растения и почвенная биота. Механическое воздействие корневых систем растений на образование структуры было рассмотрено ранее. Однако роль растений в структурообразовании более значительна. При разложении корней образуются гумусовые вещества, обладающие высокой сорбционной и биологической активностью. Кроме того, в зоне расположения корней — ризосфере — формируются специфические сообщества микроорганизмов и почвенной фауны (дождевых червей, насекомых, землероек и др.), продукты метаболизма которых воздействуют на оструктуривание почвы. При этом биологические факторы оказывают не только количественное, но и качественное влияние на почвенную структуру.

Почвенная структура тесно взаимосвязана с другими агрофизическими показателями плодородия. Структура почвы непосред-

ственно определяет параметры строения пахотного слоя. Соотношение в почве с ненарушенным сложением объемов твердой фазы, капиллярной и некапиллярной пористости называют *строением*. Капиллярная пористость агрегатов в структурной почве дополняется некапиллярной пористостью межагрегатных промежутков, что в сумме составляет *общую пористость*. В структурной почве поддерживается наиболее благоприятное соотношение между объемом твердой фазы и общей пористостью. Для дерново-подзолистой почвы оно составляет примерно 1 : 1 (50 : 50 %), в черноземах пористость занимает до 60 % и более от объема почвы. Агрonomически наиболее благоприятное строение пахотного слоя устойчиво поддерживается в течение длительного времени только в почвах с высоким уровнем водопрочности почвенных агрегатов.

Один из показателей строения пахотного слоя — *плотность почвы*. Это отношение массы к объему почвы ненарушенного сложения. При оптимальной плотности почвы складываются наиболее благоприятные условия для роста растений. В естественных условиях под действием уплотнения и разрыхления в почве наступает равновесное состояние между твердой фазой и пористостью, называемое *равновесной плотностью*. Структурная почва имеет наименьший интервал значений между оптимальной и равновесной плотностью, а в хорошо окультуренных почвах их величины могут совпадать, как, например, в черноземах.

Параметры оценки структурного состояния почвы, по С. И. Долгову и П. У. Бахтину, следующие: отличная структура — более 70 % водопрочных макроагрегатов, хорошая — 70—55, удовлетворительная — 55—40, неудовлетворительная — 40—20, плохая — менее 20 %.

В обрабатываемых почвах структура находится в динамическом состоянии. С одной стороны, в почве протекают процессы структурообразования в результате механических, физико-химических и биологических факторов, с другой стороны, почвенные агрегаты постоянно разрушаются. Все многообразие причин, отрицательно воздействующих на структуру почвы, можно объединить в группы, одноименные факторам образования агрегатов.

Механические причины — разрушение структуры при воздействии на почву сельскохозяйственных орудий, движителей, ветра, дождя, выпаса скота и др.

Физико-химические причины — разрушение структуры в результате обменных реакций катионов. Так, ионы H^+ и NH_4^+ , содержащиеся в дождевой воде, при взаимодействии с почвой вытесняют из нее ионы кальция и магния, которые в условиях промывного водного режима могут вымываться за пределы пахотного слоя.

Аналогично на почвенный поглощающий комплекс влияют ионы минеральных удобрений, продуктов жизнедеятельности

корневой системы и других содержащихся в почве соединений. В результате коагуляционные силы, склеивающие почвенные частицы в агрегаты, ослабляются; агрегаты переходят в раздельно-частичное состояние.

Биологические причины — разрушительная деятельность почвенных микроорганизмов, минерализующих органическое вещество почвы как источник питания и энергии. Поскольку почвенные частицы склеены преимущественно органическими коллоидами, агрегаты разрушаются. Развитию процесса минерализации органического вещества способствуют механическая обработка почвы, внесение извести и минеральных удобрений. Поэтому в земледелии необходимо предусматривать меры по восстановлению структуры почвы.

Основные направления воспроизводства структуры почвы в земледелии приведены далее.

1. Обогащение почвы органическим веществом как основным источником образования гумуса и энергии для микроорганизмов. Этого достигают применением органических удобрений (навоз, торф, компосты, птичий помет, солома, сидераты, сапропель), посевом многолетних трав (травосеяние), которые оставляют после себя большое количество растительных и корневых остатков. Минеральные удобрения, повышая урожайность возделываемых культур, косвенно влияют на поступление в почву органического вещества за счет увеличения массы растительных и корневых остатков.

2. Пополнение почвенных запасов кальция и магния как основных элементов структурообразования с помощью известкования кислых и гипсования засоленных почв.

3. Сокращение числа проходов по полям сельскохозяйственной техники, особенно тяжеловесной, путем использования ресурсосберегающих технологий выращивания растений.

4. Защита почвы от водной эрозии и дефляции с помощью регулирования стока воды и скорости ветра в приземном слое.

5. Создание наиболее благоприятных условий для окислительно-восстановительных процессов в почвах избыточного и недостаточного увлажнения с помощью проведения водных мелиораций — осушения и орошения.

6. Создание прочной структуры верхнего слоя почвы за счет внесения на его поверхность искусственных экологически безопасных структурообразователей.

Мощность пахотного слоя. Мощностью обрабатываемого слоя почвы, его объем, в котором развивается корневая система растений, играют важную роль в интенсивном земледелии. В пахотном слое сосредоточены запасы основных элементов питания, воды и воздуха. Кроме того, в современном земледелии возросло значение пахотного слоя как посредника в системе почва—растение, так

как верхний слой почвы воспринимает дополнительные количества питательных веществ, вносимых с органическими и минеральными удобрениями, химических мелиорантов, пестицидов, искусственных структурообразователей. Все эти вещества должны быть преобразованы в легкоусвояемые или безвредные для растений формы.

В условиях орошения пахотный слой способен аккумулировать больше доступной для растений влаги и сохранять ее в течение длительного времени, обеспечивая эффективное использование оросительной воды. Следовательно, увеличение емкости обмена веществ и воды между почвой и растением обуславливает естественное в данном случае увеличение глубины (объема) обрабатываемого слоя.

Глубокий пахотный слой имеет более благоприятные водно-воздушный и тепловой режимы почвы. Осадки, поливная вода быстро поглощаются почвой, накапливаются в ней и затем потребляются растениями по мере их роста и развития. Глубокий пахотный слой почвы может обеспечивать растения влагой и воздухом как при недостатке, так и при избытке выпадающих осадков. Лучшие условия увлажнения создают благоприятный питательный режим почвы, обусловленный, в свою очередь, нормально протекающими процессами разрушения — синтеза органического вещества. Глубокий пахотный слой способствует благоприятной минерализации органического вещества при одновременной эффективности его гумификации и хорошем качественном состоянии.

В глубоком пахотном слое увеличивается содержание подвижных форм азота, фосфора и калия, что свидетельствует о более надежном обеспечении растений питательными веществами.

Благоприятный комплекс почвенных условий, создающийся в глубоком пахотном слое, сильно влияет на развитие корневых систем растений и на урожай. Урожайность сельскохозяйственных культур на почвах с мощным пахотным слоем не только увеличивается, но и стабилизируется по годам. Однако реакция сельскохозяйственных культур на мощность обрабатываемого слоя различна. Наибольшее увеличение урожая на почвах с глубоким пахотным слоем наблюдается у пропашных культур, особенно у корне- и клубнеплодов, несколько меньшее оно у озимых зерновых и многолетних трав. Яровые зерновые и однолетние травы уступают по этому показателю перечисленным культурам.

Мощность пахотного слоя заметно влияет на величину энергетических затрат, связанных с поддержанием благоприятного строения пахотного слоя. Глубокий пахотный слой почвы позволяет сократить число и глубину технологических приемов обработки.

Оптимальная мощность пахотного слоя для большинства почв составляет 27—30 см. Однако такую глубину обрабатываемого

слоя имеют не все почвы. Основной ограничивающий фактор создания пахотного слоя — мощность гумусового горизонта. Так, дерново-подзолистым почвам с низким естественным уровнем плодородия и мощностью гумусового горизонта до 20 см на создание оптимальной глубины пахотного слоя требуется больше материальных затрат, труда и времени.

Создание мощного пахотного слоя связано с внесением извести, органических и минеральных удобрений и постепенным углублением обработки почвы. Более подробно технологии создания мощного пахотного слоя описаны в главе 2.5.

Агрофизические показатели плодородия важны не сами по себе, а как основа создания оптимальных условий водно-воздушного, теплового и питательного режимов для роста и развития растений.

Кроме того, важнейшей особенностью этих показателей плодородия, за исключением гранулометрического и минералогического состава, является их динамичность в течение вегетационного периода, что затрудняет их своевременное воспроизводство.

2.2.3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВО

Образование и структура органического вещества почвы. Органическое вещество почвы образуется из отмерших остатков растений, микроорганизмов, почвенных животных и продуктов их жизнедеятельности. Первичное органическое вещество, поступившее в почву, подвергается сложным превращениям, включающим процессы разложения, вторичного синтеза в форме микробной плазмы и гумификации. Сочетание названных процессов приводит к образованию сложной смеси органических веществ: 1) малоразложившихся растительных и животных остатков с сохранившейся первоначальной структурой; 2) промежуточных продуктов разложения (например, протеидов, аминокислот, поли- и монофенолов, моносахаридов и др.); 3) гумусовых веществ, образовавшихся путем микробного синтеза или остаточного происхождения; 4) растворимых органических соединений, которые минерализуются до простых минеральных соединений (H_2O , CO_2 , NO_3 и др.) или участвуют в синтезе гумусовых веществ.

Различные группы органических соединений взаимодействуют с минеральной частью почвы и закрепляются в ней. Органическое вещество — единственный источник энергии для развития почвы и формирования ее плодородия. Основным источником первичного органического вещества, поступающего в почву под естественной растительностью, являются остатки растений.

На пахотных почвах с отчуждением большей части урожая полевых культур источником органического вещества служат надземные и корневые остатки растений, а также вносимые в почву органические удобрения. Агрономическое значение растительных остатков в интенсивном земледелии особенно велико. Во-первых, они ежегодно удобряют почву после уборки урожая, в то время как органические удобрения вносят в почву периодически. Во-вторых, не требуют дополнительных затрат на их внесение. В-третьих, растительные остатки распределяются в почве наиболее равномерно. В них содержатся все макро- и микроэлементы, необходимые растениям.

Растительные остатки разделяют на три группы: пожнивные, листостебельные и корневые. *Пожнивные остатки* представлены стерней зерновых культур, частями стеблей, листьев и всех других надземных частей растений, которые остаются в поле после уборки урожая. *Листостебельные остатки* растений включают корневища, столоны картофеля, корневые шейки клевера, люцерны и других трав, части клубней, корнеплодов, луковиц. *Корневые остатки* растений представлены корнями выращиваемой культуры, сохранившимися к моменту уборки живыми, а также отмершими.

Органическое вещество поступает в почву не только после отмирания растения, но и в течение его жизни, так как непрерывный процесс отмирания различных частей корневой системы происходит в течение всего периода роста и развития культуры, особенно после цветения и начала созревания.

Полевые растения имеют различную по массе и глубине проникновения корневую систему, а следовательно, по-разному влияют на плодородие почвы.

По количеству органического вещества, оставляемого после уборки, основные полевые культуры можно разделить на три группы.

Первую группу составляют многолетние бобовые и мятликовые травы, оставляющие в почве наибольшее количество органического вещества. Более благоприятное действие бобовых многолетних трав на плодородие почвы и урожай последующих культур объясняется их способностью фиксировать атмосферный азот воздуха и накапливать больше корневых и пожнивных остатков.

Вторую группу составляют однолетние зерновые и зерновые бобовые культуры сплошного посева. Они оставляют в почве значительно меньше органического вещества, чем многолетние травы, а зерновые бобовые меньше фиксируют азота воздуха. Однако однолетние культуры по этому показателю сильно различаются. Такие растения, как райграс и его смеси с однолетними бобовыми культурами, по количеству оставляемых в почве растительных остатков мало уступают многолетним травам и значительно превос-

ходят другие однолетние культуры. Озимые культуры оставляют в почве больше органического вещества, чем яровые зерновые и зерновые бобовые. После уборки однолетних зерновых и зерновых бобовых культур в почве остается 1,5—3,0 т/га органического вещества.

В *третью группу* входят пропашные культуры, которые оставляют в почве после уборки наименьшее количество органического вещества.

При выращивании растений в почве одновременно происходят два противоположных процесса: синтез и разрушение. Интенсивность обоих процессов, их соотношение определяют конечный результат. Если содержание органического вещества увеличивается, то культура улучшает плодородие, и наоборот. На накопление и разрушение органического вещества влияют технологические приемы возделывания растений.

Мощность развития корневой системы, как и надземной части, растения определяется влажностью почвы и уровнем минерального питания. При благоприятных условиях темпы прироста надземной массы выше, чем корней. В результате общего увеличения массы корневой системы ее доля по отношению к надземной массе уменьшается.

Наряду с количеством растительных остатков важное значение имеют их химический состав и скорость разложения в почве. Так, в растительных остатках многолетних трав больше элементов питания, чем в остатках других культур. Содержание в корневых остатках многолетних бобовых трав азота составляет 2,25—2,60 %, фосфора — 0,34—0,80, в поукосных остатках соответственно 1,82—2,65 и 0,30—0,71 %. Количество азота и фосфора в корнях бобово-злаковых травосмесей зависит от доли каждого компонента и составляет 0,91—2,37 % азота и 0,25—1,06 % фосфора, в поукосных остатках соответственно 1,60—2,18 и 0,17—0,54 %. Мятликовые травы содержат значительно меньше азота в корнях и поукосных остатках.

Химический состав корней многолетних трав с возрастом изменяется: чем старше растения, тем меньше в их корнях азота и зольных элементов. Наряду с этим на количество азота и зольных элементов как в растении в целом, так и в его остатках в значительной мере влияют удобрения и почвенно-климатические условия.

Растительные остатки однолетних культур (кроме бобовых) беднее питательными элементами по сравнению с многолетними травами. В растительных остатках зерновых культур по сравнению с бобовыми меньше питательных веществ.

Корни и пожнивные остатки растений после отмирания под действием микроорганизмов и почвенной фауны разлагаются.

Микрофлора использует органический материал в качестве пищи и энергии. На ход и темпы разложения влияют внешние условия среды (влажность, температура, рН почвы, содержание в ней кислорода и питательных веществ) и химический состав растительных остатков.

Превращение первичного органического вещества в почве происходит в несколько этапов.

На *первом этапе* наблюдается химическое взаимодействие между отдельными химическими веществами отмершего растения. Например, ароматические соединения клеточных оболочек могут вступать в химические реакции с белками растительных клеток. Этот процесс можно ускорить с помощью биологических и минеральных катализаторов.

На *втором этапе* происходит механическое перемешивание растительных остатков с почвой при помощи почвенной фауны. Возможно, на этом этапе осуществляется и определенная биохимическая подготовка первичного органического вещества к микробному разложению при прохождении растительной массы через желудочно-кишечный тракт почвенных животных.

На третьем этапе превращения свежего органического вещества в почве происходит минерализация его с помощью микроорганизмов. В первую очередь минерализуются водорастворимые органические соединения, а также крахмал, пектин и белковые вещества. Значительно медленнее минерализуется целлюлоза, при разложении которой освобождается лигнин — весьма устойчивое к микробиологическому расщеплению соединение.

Конечными продуктами превращений органического вещества являются вода, диоксид углерода, нитраты, фосфаты и др. Кроме того, в почве накапливаются низкомолекулярные органические кислоты (муравьиная, уксусная, щавелевая и др.). Процессы минерализации органического вещества в почве имеют экзотермический характер: при разложении 1 г сухого вещества освобождается 17—21 Дж энергии.

Одна часть более подвижных и простых соединений, минерализующихся до конечных продуктов, усваивается новыми поколениями зеленых растений, другая часть продуктов разложения используется гетеротрофными микроорганизмами для синтеза вторичных белков, жиров, углеводов и других веществ, образующих плазму новых поколений микроорганизмов, и в дальнейшем вновь разлагается. Третья часть промежуточных продуктов разложения превращается в специфически сложные высокомолекулярные соединения — гумусовые вещества, а сам процесс называют *гумификацией*. Образование специфических гумусовых веществ начинается в большинстве случаев на такой стадии биологического распада растительных и животных остатков, когда углеводы

гидролизуются до моносахаридов, белковые вещества — до пептидов и аминокислот, ароматические соединения — до простых фенолов. Помимо этих соединений в образовании гумусовых веществ участвуют и более простые продукты распада.

Механизм образования в почве специфических гумусовых веществ, по М. М. Кононовой, приведен далее.

1. Исходными структурными единицами (мономерами) для образования специфических гумусовых веществ могут служить все компоненты распада растительных тканей и метаболизма микроорганизмов.

2. Структурные единицы конденсируются путем окисления фенолов с помощью феноксида через семихиноны до хинонов, которые взаимодействуют с аминокислотами и пептидами.

3. Поликонденсация (полимеризация) как химический процесс заканчивает образование гумусовых веществ.

Рассмотренная схема образования гумусовых веществ общепризнана. Вместе с тем возможны и другие механизмы процесса гумусообразования. Так, Л. Н. Александрова, развивая гипотезу академика И. В. Тюрина, допускала образование гумусовых веществ путем медленного биохимического окисления различных высокомолекулярных веществ циклического строения. При этом важное значение имеют реакции взаимной конденсации или полимеризации высокомолекулярных продуктов разложения.

Весь сложный комплекс органических веществ в почве можно разделить на две группы: соединения индивидуальной природы, или неспецифические органические соединения, и специфические гумусовые вещества.

Неспецифические органические соединения. Составляют 10—15 % общего количества органического вещества почвы. Эта группа представлена лигнином, целлюлозой, протеинами, аминокислотами, моносахаридами, восками, жирными кислотами, т. е. практически всеми компонентами, составляющими растительные и животные ткани или входящими в состав прижизненных выделений макро- и микроорганизмов. Неспецифические соединения присутствуют в почве в свободном состоянии или связаны с минеральными компонентами почвы. Преобладающая часть таких соединений наиболее быстро реагирует на изменение внешних условий. Многие из этих веществ легко усваиваются и разлагаются микроорганизмами и представляют как бы активное начало почвенного гумуса.

Специфические гумусовые вещества. Составляют основную часть (85—90 %) органического вещества почвы. Это более или менее темноокрашенные азотсодержащие высокомолекулярные соединения кислой природы. Они представлены *гумусовыми кислотами* (гуминовые и фульвокислоты), *прогуминовыми веще-*

ствами типа «молодых» гуминоподобных продуктов и гуминами. Прогуминовые вещества сходны с промежуточными продуктами распада органических остатков. Разделяющая их граница условна и расплывчата.

Гуминовые кислоты (ГК) — фракция темноокрашенных азотсодержащих высокомолекулярных соединений, извлекаемая из почвы щелочными растворами. При подкислении вытяжки она выпадает в осадок в виде гуматов. Гуминовые кислоты содержат 46—62 % углерода, 32—38 кислорода, 3—5 водорода, 3—6 % азота.

Кроме этих четырех элементов ГК содержат серу (от десятых долей процента до 1,2 %), фосфор (сотые и десятые доли процента) и катионы различных металлов. Основу молекулы гуминовой кислоты составляет ароматическое ядро, сформированное ароматическими и гетероциклическими кольцами типа бензола, фурана, пиридина, нафталина, антроцена, гендола, хинолина. Ароматические кольца соединены между собой в рыхлую сетку. Боковые периферические структуры молекулы — алифатические цепи. Ядро молекулы ГК характеризуется гидрофобными свойствами, боковые цепи — гидрофильными. Конституционная часть молекулы ГК — функциональные группы: карбоксильные и фенолгидроксильные, определяющие кислотный характер ГК и способность к катионному обмену.

Фульвокислоты (ФК) — высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. Они растворимы в воде, кислотах, слабых растворах щелочей, пирофосфата натрия и в водном растворе аммиака с образованием растворимых солей — фульватов. Растворяются они также во многих органических растворителях. Окраска выделенных из почвы препаратов фульвокислот от соломенно-желтой до оранжевой. В состав ФК входят: углерод — 36—40 %, кислород — 45—50, водород — 3—5, азот — 3—4,5 %. От ГК они отличаются пониженным содержанием углерода и повышенным — кислорода. В состав ФК, как и в состав ГК, входят сера, фосфор и различные металлы.

Гумины (негидролизуемый остаток) — наиболее инертная часть гумусовых веществ, не извлекаемая из почвы растворами кислот, щелочей или органическими растворителями.

Негидролизуемый остаток включает несколько групп веществ: гумусовые кислоты, прочно связанные с минеральной частью; декарбоксилированные гумусовые вещества, утратившие способность растворяться в щелочах; неспецифические и нерастворимые органические соединения.

Важная роль органического вещества в формировании почвы в значительной степени объясняется его способностью взаимодействовать с минеральной частью почвы. Образующиеся при этом органоминеральные соединения обязательны для любой почвы.

Формы органоминеральных соединений в почвах разнообразны. К ним относятся все виды продуктов взаимодействия органического вещества с любыми минеральными компонентами: катионами металлов, гидроксидами, неорганическими анионами, силикатами и др. Частным случаем органоминеральных соединений являются продукты взаимодействия органических веществ с почвенными минералами, их называют почвенными минералорганическими соединениями.

Многообразие органоминеральных соединений в почвах обусловлено прежде всего тем, что в органической части почвы сосредоточен большой набор функциональных групп.

Органоминеральные соединения повышают устойчивость связанного в них органического вещества к микробиологическому расщеплению и обеспечивают стойкую связь с другими свойствами почвы.

Высокая биологическая устойчивость органоминеральных соединений способствует связыванию и инактивированию глинистыми минералами ферментов, выделяемых микроорганизмами для разложения органического вещества.

Органическое вещество почвы аккумулирует большое количество углерода, элементов питания растений, способствует формированию водопроходной структуры и оптимальной порозности, препятствует развитию эрозионных процессов, инактивирует токсичные вещества, выполняя биогеохимическую функцию в земной коре.

Наиболее эффективного влияния органического вещества почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур можно достичь только при оптимальном для каждой почвы (зоны) сочетании уровней содержания гумуса, его состава и качества. Оптимальным считается такое содержание гумуса, которое благоприятно для получения запланированного урожая при обязательном условии наиболее эффективного использования вносимых удобрений и максимальной эффективности технологических приемов. Почва с оптимальным содержанием гумуса должна быть максимально устойчива к действию разрушающих факторов или других процессов, снижающих ее плодородие. Так, для дерново-подзолистых почв оптимальное содержание гумуса составляет 2,5—4 %. При меньшем количестве гумуса урожайность снижается, однако повышение содержания гумуса до более высокого уровня уже не приводит к дальнейшему заметному росту урожайности культур.

Один из важнейших показателей гумусового состояния пахотного слоя почвы — запас гумуса. Необходимость учета запаса гумуса обусловлена разной мощностью пахотного слоя и его плотностью. Так, в почвах легкого гранулометрического состава содер-

жание гумуса обычно ниже, чем в аналогичных почвах, но более тяжелых по гранулометрическому составу. Однако при большей мощности пахотного слоя запас гумуса в легкой почве может быть не меньше, а даже больше, чем в тяжелой.

Запас гумуса в пахотном 0—20-сантиметровом слое почвы оценивают, по Л. А. Гришиной и Д. С. Орлову, следующими показателями: очень низкий — менее 50 т/га, низкий — 50—100, средний — 100—150, высокий — 150—200, очень высокий — более 200 т/га.

Воспроизводство органического вещества почв. В современном земледелии баланс органического вещества часто отрицательный. Основными причинами потерь гумуса пахотными почвами являются:

несбалансированность структуры посевных площадей по массе растительных остатков, поступающих в почву;

усиление минерализации органического вещества в результате интенсивной обработки и повышения степени аэрации почв;

разложение и биодegradация гумуса под влиянием физиологически кислых удобрений;

усиление минерализации в результате осушительной и оросительной мелиорации;

эрозия и дефляция почв.

Обязательным условием стабильного земледелия является воспроизводство органического вещества. Оно влияет одновременно на воспроизводство большей части биологических, агрофизических и агрохимических показателей плодородия.

Важнейший фактор воспроизводства органического вещества в пахотных почвах — полевые культуры. Их роль определяется биологическими особенностями и технологией возделывания. Если в естественных ценозах вся растительная масса поступает в почву, аккумулируя в верхнем слое углерод, азот и зольные элементы, то в агроценозах с поля отчуждается большая часть накопленной массы растений, что приводит к отрицательному балансу названных элементов в почве.

Этот вывод основан на строгом количественном учете отчуждаемых с урожаем элементов питания и частичном возврате в почву питательных веществ с корневыми и пожнивными остатками полевых культур. При этом принимают во внимание все другие возможные источники поступления в почву питательных веществ.

В отличие от естественных фитоценозов, представленных в основном многолетними растениями, в агрофитоценозах возделывают однолетние растения, которые на единицу фитомассы потребляют значительно больше питательных веществ, чем естественные фитоценозы. В результате в пахотных почвах при недостаточном внесении удобрений запасы органического вещества и зольных элементов постепенно уменьшаются.

Несмотря на снижение запасов органического вещества почвы при возделывании однолетних растений было бы неверно отрицать способность однолетних полевых растений пополнять запасы гумуса в почве и положительно влиять на ряд почвенных свойств. Однако конечный результат процессов образования гумуса из небольших количеств растительных остатков однолетних культур и одновременно протекающих процессов минерализации гумуса отрицательный. Взаимодействие этих процессов при возделывании многолетних трав дает ярко выраженный положительный эффект из-за оставления в почве большого количества растительных остатков и незначительной минерализации гумуса при отсутствии механической обработки в течение нескольких лет.

Влияние однолетних растений на гумусированность почвы будет возрастать, если направленными агротехническими приемами уменьшить отрицательное действие обработки почвы на баланс органического вещества.

Несмотря на значительные различия в содержании, запасах, качественном составе гумуса разных типов почв динамика органического вещества почвы при ее земледельческом использовании характеризуется в целом одинаково. Количественные показатели органического вещества при этом могут заметно различаться.

Эти положения подтверждает обширный экспериментальный материал. Так, в длительном опыте РГАУ—МСХА возделывание однолетних растений бессменно и в севообороте без применения удобрений на дерново-подзолистой почве привело к постепенному уменьшению запасов органического вещества почвы. Потери гумуса из почвы зависят от возделываемой культуры, гранулометрического состава, интенсивности обработки почвы и других факторов.

Под зерновыми культурами (озимые: рожь, пшеница; яровые: ячмень, пшеница, овес) при невысокой интенсивности обработки почвы на каждом гектаре ежегодно теряется 0,4—1,0 т гумуса, под пропашными культурами потери в 1,5—3 раза выше.

При прочих равных условиях минерализация органического вещества усиливается на почвах легкого гранулометрического состава и при орошении. Ежегодное восполнение органического вещества в почве за счет пожнивных и корневых остатков под зерновыми культурами составляет 0,3—0,5 т/га, под пропашными — 0,15—0,25 т/га. При дефиците органического вещества в почве, не восполненном растительными остатками, необходимо внесение органических удобрений.

Под многолетними травами на дерново-подзолистых и серых лесных почвах минерализуется около 0,2—0,35 т/га гумуса, а ежегодное восполнение составляет 0,6—0,9 т/га. Поэтому чем выше доля многолетних трав в структуре посевной площади, тем больше в почве образуется гумуса.

Типичные черноземы Воронежской области за 80 лет земледельческого использования потеряли 2,5—3,0 % гумуса, черноземы Краснодарского края за 25 лет — 1,3 %. Содержание гумуса в каштановых почвах Алтайского края в 1896—1899 гг. составляло 3,7—5,5 %, а в 1973—1975 гг. только 1,1—2,1 %. На южных черноземах Алтая содержание гумуса изменилось соответственно с 5,0—6,5 до 2,9—4,1%, на выщелоченных черноземах — с 8,3—8,9 до 4,2—6,3 %.

Систематическое внесение органических и минеральных удобрений в севооборотах влияет на количественные превращения органического вещества почвы. Однако роль органических и минеральных удобрений в гумусовом балансе принципиально разная.

Органические удобрения могут влиять на баланс органического вещества почвы как прямо, переходя частично в форму гумусовых веществ (гумификация углерода органических удобрений), так и косвенно. Минеральные удобрения влияют на гумусовый баланс лишь косвенно. С повышением урожая количество оставляемой в поле растительной массы увеличивается, значительная часть питательных веществ урожая возвращается в поле в виде органических удобрений. Минеральные удобрения могут также затормаживать (за счет специфического влияния на биологическую активность почвы) процессы минерализации гумуса.

Применение минеральных удобрений — часто решающее условие быстрого увеличения урожайности полевых культур. Однако урожай, как отмечалось, еще не является абсолютным показателем плодородия почвы. Воспроизводство органического вещества почвы — важнейшее условие обеспечения высокой эффективности возрастающих доз минеральных удобрений.

При систематическом применении минеральных удобрений наряду с ростом урожайности увеличиваются количество растительных остатков и содержание в них азота, фосфора, калия.

Состав растительных остатков, состоящих из корневой и пожнивной масс, значительно различается по отдельным культурам.

В корневых остатках зерновых культур значительно больше азота и фосфора, в стерне — калия. Корневая масса по содержанию азота и углерода биологически более ценна, чем стеблевые остатки, характеризующиеся широким отношением С : N. Применение удобрений в большей степени повышает содержание в растительных остатках азота и калия, в меньшей — фосфора.

Темпы разложения растительных остатков в почве зависят от соотношения С : N. Быстрое разложение свойственно растительным остаткам клевера с узким соотношением С : N; менее интенсивно разлагаются растительные остатки зерновых культур и вико-овсяной смеси. При внесении органических и минеральных

удобрений процессы разложения растительных остатков ускоряются. В дерново-подзолистых почвах в течение года разлагается 30—60 % растительных остатков.

Органические удобрения, прежде всего навоз, позволяют в значительной мере перевести минеральные удобрения в органически связанную форму. Растительные остатки сельскохозяйственных культур в современной земледелии превышают в балансе органического вещества почвы количество вносимого навоза примерно в 2 раза. Однако резервы увеличения доли растительных остатков в балансе гумуса почти исчерпаны, а увеличения органических удобрений имеются.

Механическая обработка почвы — один из наиболее существенных факторов, обуславливающих разложение органического вещества почвы. Разрыхление почвы способствует активизации почвенной микрофлоры и разложению органического вещества с образованием доступных форм азота и последующим ее вымыванием в условиях промывного режима почвы или восстановлением до свободного азота. Наиболее заметно содержание органического вещества снижается при распашке целинных почв в первые годы. При уменьшении интенсивности обработки почвы (снижении глубины обработки, сокращении количества технологических приемов) темпы разложения органического вещества замедляются.

Моделирование баланса органического вещества почвы в севообороте. Возрастающее значение органического вещества почвы в земледелии обуславливает особую актуальность моделирования (прогнозирования) баланса гумуса в различных севооборотах.

Исходными при прогнозировании гумусового баланса в севообороте являются научно обоснованные статьи расхода и прихода связанного углерода пахотных почв.

Расходная часть гумусового баланса состоит из минерализации органического вещества почвы под различными культурами в условиях принятой технологии производства продукции и выноса продуктов разложения из корнеобитаемого слоя растениями, а также за счет вертикального и поверхностного стоков.

Приходная часть гумусового баланса складывается из поступления органического вещества с корневыми и пожнивными остатками полевых культур, с навозом и другими органическими удобрениями, семенами и посадочным материалом; связывания некоторого количества диоксида углерода атмосферы синезелеными водорослями.

Гумусовый баланс в почве рассчитывают по азоту, поскольку из всех питательных элементов он сосредоточен в основном в органическом веществе и непосредственно усваивается растением из почвы, а не углерод. Кроме того, установлено, что соотношение С : N в гумусовых веществах составляет в среднем 10 : 1.

Поэтому, зная вынос с урожаем азота и статьи его прихода с органическими удобрениями, растительными остатками и минеральными удобрениями, по его дефициту судят о количестве минерализуемого гумуса для восполнения дефицита азота.

Вынос азота с запланированным урожаем полевых культур устанавливают по справочным данным. Использование растениями азота из органических удобрений, растительных остатков и минеральных удобрений определяют по нормативным данным.

При расчете гумусового баланса необходимо также исходить из того, что эффективность использования азота гумуса зависит от гранулометрического состава почвы и полевых культур. Для этого учитывают поправочные коэффициенты. Поправочные коэффициенты использования азота почвы для разных по гранулометрическому составу дерново-подзолистых почв и различных полевых культур, по А. М. Лыкову, следующие: суглинок тяжелый — 0,8; средний — 1,0; легкий — 1,2; супесь — 1,4; песок — 1,8; многолетние травы — 1,0; зерновые и другие однолетние культуры сплошного посева — 1,2; пропашные — 1,6.

Использование азота минеральных удобрений (при рекомендуемых дозах) составляет 50 %, навоза — 50, растительных остатков — 50 %. Обеспеченность потребности клевера в азоте за счет азота атмосферы в вариантах без удобрений составляет 80 %, при внесении удобрений — 70, для вико-овсяной смеси — соответственно 20 и 10 %.

Количество растительных остатков рассчитывают по уравнениям линейной регрессии или по их соотношению с урожаем.

Коэффициенты гумификации (изогумусовые коэффициенты) органического вещества растительных остатков и навоза рассчитывают по углероду.

На основании исследований кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ—МСХА и обобщения литературных данных приняты следующие значения коэффициентов гумификации: для растительных остатков зерновых культур, зерновых бобовых, многолетних трав и льна 0,20—0,25, кукурузы и других силосных 0,1—0,15, картофеля, корнеплодов, овощей 0,05—0,08; для органических удобрений: навоза 0,22—0,30, торфа 0,30—0,35, соломы 0,20—0,25, зеленых удобрений 0,04—0,06.

В районах распространения водной эрозии или дефляции необходимо в балансе органического вещества учитывать потери почвы, размеры которых зависят от проявления эрозионных процессов. Положительного баланса органического вещества можно достичь за счет внесения органических удобрений, соломы, выращивания многолетних трав. Из 1 т соломы образуется до 180 кг гумуса, или примерно 100 кг углерода. При урожайности сена

многолетних трав 4—5 т/га в почве ежегодно образуется около 800—900 кг/га гумуса, или связывается 500—600 кг углерода.

Для регулирования баланса органического вещества почвы важно знать критический и оптимальный уровни содержания гумуса. *Критический (минимальный) уровень* содержания органического вещества такой, ниже которого происходит быстрая деградация почв, сопровождающаяся резким снижением ее производительности и эффективности приемов земледелия. При *оптимальном уровне* содержания гумуса обеспечивается высокая эффективность применяемых факторов интенсификации земледелия.

Высокая эффективность повышения гумусированности суглинистых дерново-подзолистых почв наблюдается при увеличении гумуса с 1,0—1,7 до 2,5—4 %. При этом улучшаются физические и физико-механические свойства дерново-подзолистых почв, что приводит к снижению затрат на их обработку на 20—25 %, а также сокращаются сроки проведения полевых работ. Урожайность зерновых культур и кукурузы при внесении минеральных удобрений увеличивается примерно в 2 раза. Дальнейшее увеличение гумусированности почвы не сопровождается пропорциональным ростом урожайности. Следовательно, содержание в почве гумуса на уровне 4,0 % с точки зрения эффективности технологических приемов можно считать близким к оптимальному.

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в слое 0—40 см дерново-подзолистой почвы Нечерноземной зоны при содержании гумуса около 2 % требуется ежегодно вносить на 1 га пашни около 5—5,5 т сухого вещества органических удобрений. При содержании гумуса почвы около 4 % необходимо вносить почти в 2 раза больше органического вещества удобрений. Для этого требуются максимальное увеличение в хозяйствах выхода навоза и компостов, высокое насыщение севооборотов многолетними травами, использование для удобрения соломы и промежуточных культур. Таким образом, технология воспроизводства гумуса удорожается, поэтому для каждой конкретной почвы севооборота обосновывают оптимальное содержание гумуса, воспроизводство которого агрономически и экономически целесообразно.

В современной земледелии наиболее важная агрономическая задача — предотвращение дальнейших потерь гумуса. Это обусловлено тем, что содержание гумуса в дерново-подзолистых и других почвах Нечерноземной зоны разных агроландшафтов находится на минимально допустимом, критическом уровне. Ведущее значение при решении этой проблемы могут иметь: замена однолетних кормовых культур многолетними травами, использование соломы, выращивание сидератов в качестве промежуточных культур и замена чистых паров занятыми. В парующей почве минера-

лизуется в среднем около 3 т/га гумуса, а чтобы его воспроизвести, требуется более 40 т/га навоза.

Особенно катастрофическое обеднение почв гумусом наблюдается при бессенном паровании. Например, в типичных черноземах Воронежской области при бессенном паровании в течение 20 лет почвы потеряли 3 % гумуса.

Независимо от размера хозяйства и форм собственности баланс гумуса в крайнем случае должен быть бездефицитным, а на почвах с низким содержанием органического вещества — положительным.

Бездефицитный баланс гумуса и оптимальное его содержание в пахотных почвах можно достичь при сочетании следующих условий: рациональная структура посевной площади с включением многолетних трав, внесение органических удобрений, эффективное использование пожнивных остатков, известкование кислых и гипсование засоленных почв, применение минеральных удобрений, использование двустороннего регулирования водного режима мелиорируемых почв, предотвращение эрозии почвы, оптимизация обработки почв. Количественные параметры этих приемов зависят от конкретных почвенно-климатических и хозяйственных условий.

Почвенная биота и ее активность. *Почвенная биота* — комплекс разнообразных почвенных организмов, различающихся по экологической функцией и таксономическому положению. Это обязательные компоненты почвы, основная их часть — микроорганизмы. Доминирующее значение принадлежит растительным микроорганизмам (бактерии, грибы, водоросли, актиномицеты). Животные организмы представлены простейшими (жгутиковые, корненожки, инфузории), а также червями. Довольно широко в почве распространены моллюски и членистоногие (паукообразные, насекомые).

Количество живых организмов в 1 г хорошо окультуренной почвы может достигать нескольких миллиардов, а общая масса их — 10 т/га.

Почвенная биота участвует в процессах формирования почвенного плодородия, в минерализации органического вещества, вовлечении химических элементов, минералов литосферы в круговорот, в биологической фиксации азота.

Почвенные организмы разрушают отмершие остатки растений и животных, поступающие в почву. Одна часть органического вещества минерализуется полностью, а другая — переходит в форму гумусовых веществ и живых тел почвенных организмов. Некоторые микроорганизмы (клубеньковые и свободноживущие бактерии) фиксируют молекулярный азот атмосферы и обогащают им почву.

Почвенные организмы (особенно фауна) способствуют перемещению веществ по профилю почвы, тщательному перемешиванию органической и минеральной частей почвы, созданию прочной комковатой структуры. Кроме того, они выделяют в процессе жизнедеятельности различные физиологически активные соединения, участвующие в трансформации одних питательных веществ в подвижную форму и, наоборот, других — в недоступную для растений форму.

В обрабатываемой почве функции почвенных организмов сводятся к поддержанию оптимального питательного режима, что выражается в частичном закреплении минеральных удобрений с последующим их освобождением по мере роста и развития растений, оструктурировании почвы, устранении неблагоприятных экологических условий в почве.

Экологически благоприятные условия в почве поддерживаются благодаря наличию тесных связей между почвенными организмами, которые находятся в состоянии непрерывно изменяющегося равновесия. Одни группы микроорганизмов предъявляют простые требования к питанию, другие — сложные. Между одними группами существуют симбиотические (взаимно полезные) связи, между другими — абиотические. В последнем случае микроорганизмы выделяют в почву вещества, подавляющие развитие других микроорганизмов. Это имеет непосредственное значение при очищении почвы от фитопатогенной микрофлоры.

Для оценки деятельности почвенной биоты используют биологическую активность почвы. Этот показатель, с одной стороны, характеризуется численностью компонентов почвенной биоты, с другой — количественными критериями результатов жизнедеятельности почвенных организмов.

Численность почвенной биоты определяют, как правило, подсчетом общего количества почвенных организмов. Из-за несовершенства методик и малой кратности определений во времени по результатам анализа можно дать примерную характеристику биологической активности почвы. Наряду с общим подсчетом почвенных организмов иногда определяют количество микроорганизмов разных физиологических групп (нитрифицирующие, целлюлозоразлагающие и др.).

Биологическую активность почвы по результатам деятельности почвенных организмов оценивают методом определения количества поглощенного кислорода и продуцируемого диоксида углерода, разложившейся целлюлозы, почвенных ферментов, нитратного и аммиачного азота, фитотоксичных соединений и др. Каждый отдельно взятый показатель характеризует активность определенной группы микроорганизмов, а не всей почвенной биоты в целом. Привести к интегральному показателю исключительно мно-

гообразную деятельность почвенной флоры и фауны очень сложно. Однако предпринимаются попытки выразить активность почвы через «биологический балл», являющийся усредненным показателем состояния различных биологических процессов в почве.

Высокая биологическая активность почвы способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур при прочих равных условиях.

Для нормального функционирования почвенных организмов необходимы прежде всего энергия и питательные вещества. Для подавляющего большинства микроорганизмов таким источником энергии служит органическое вещество почвы. Поэтому активность почвенной микрофлоры зависит главным образом от поступления или наличия в почве органического вещества. Источниками поступления органического вещества в почву являются: внесение навоза, торфа, соломы, птичьего помета, зеленых удобрений, сапропеля; посев многолетних трав, промежуточных культур.

Фитосанитарное состояние почвы. Характеризуется наличием в почве семян и вегетативных органов размножения сорных растений, вредителей, фитопатогенов, а также токсичных веществ, выделяемых растениями, ризосферной микрофлорой и продуктами разложения. Все виды вредных организмов и фитотоксичные вещества — обязательные компоненты агробиоценоза, поэтому в большинстве случаев они в тех или иных количествах могут находиться в почве.

Наряду с существенными биологическими различиями вредных организмов (растения, насекомые, микроорганизмы) их объединяют высокая плодовитость, относительно узкая специализация поражаемых растений, способность приспосабливаться к различным экологическим условиям. Эти свойства обеспечивают вредным организмам высокую конкуренцию за выживание, несмотря на жесткие истребительные мероприятия для борьбы с ними.

Фитосанитарное состояние существенно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур: чем больше численность вредных организмов, тем ниже урожай. Оптимальным критерием оценки фитосанитарного состояния почвы и посевов является численность сорных растений на уровне порога вредоносности (количество сорных растений, не оказывающее существенного влияния на снижение урожая), и когда вредители и фитофаги не проявляют заметного действия или не обнаруживаются на растениях. Это не означает, что в почве будут полностью отсутствовать определенные виды вредителей и фитофагов, однако благодаря созданию определенных условий их размножение будет сдерживаться.

Оптимального уровня численности вредных организмов достигают с помощью использования естественных механизмов саморегулирования компонентов агробиоценозов в сочетании с дифференцированным применением санитарно-профилактических и истребительных методов.

Явление фитотоксичности почвы известно издавна под названиями «почвоутомление», «токсикоз почвы» и др., но научное обоснование оно получило в последние десятилетия.

Фитотоксичность почвы обусловлена накоплением физиологически активных веществ, среди которых присутствуют фенольные соединения, органические кислоты, альдегиды, спирты и др. Совокупность этих веществ получила название *колинов*, состав и концентрация которых зависит от температуры и влажности почвы, от микроорганизмов и растений.

Действие колинов определяется их качественным составом и концентрацией; оно проявляется в процессах деления, растяжения и дифференциации клеток, при дыхании и фотосинтезе, поступлении воды, питательных веществ и других жизненно важных функциях растений. При низких концентрациях фитотоксичных веществ в почве наблюдается стимулирующий эффект, но при увеличении их содержания наступает сильное угнетение роста растений или прорастания семян. В стационарных опытах РГАУ—МСХА установлено, что водная вытяжка из почвы под бессменными посевами озимой пшеницы и ячменя, взятая в начале весенней вегетации, снижала всхожесть семян этих культур более чем на 20 % и угнетала рост корневой системы. Это стало одной из причин изреженности бессменных посевов.

Источник образования и поступления токсичных веществ — корневые выделения растений, послеуборочные растительные остатки и продукты метаболизма микроорганизмов. Наиболее интенсивно фитотоксичные вещества накапливаются при возделывании на одном месте одновидовых или близких по биологии культур и при создании в почве анаэробных условий.

Если в структуре посевных площадей преобладают культуры со сходными биологическими особенностями, например зерновые, в почву ежегодно поступает приблизительно одинаковая по количеству и качеству органическая масса в виде корневых выделений и растительных остатков. Это приводит к изменению соотношения основных группировок микробиоценоза, появлению фитотоксичных форм, которые поставляют в почву вредные для культурных растений вещества. Так, при разложении растительных остатков зерновых культур в почве обнаружено повышенное содержание фенольных соединений, которые, находясь в зоне расположения семян растений, ингибируют их прорастание.

Анаэробные условия способствуют образованию токсичных веществ, так как при этом корневые выделения и промежуточные продукты минерализации гумуса превращаются в сильно восстановленные соединения, что обуславливает создание очагов токсичности в почве. Можно предположить, что в зоне корней некоторых растений избирательно накапливаются некоторые группы микроорганизмов, неблагоприятно воздействующих на растения.

Фитотоксины почвенных микроорганизмов вызывают изменения в химическом составе растений, нарушают обмен веществ в них. Они оказывают определенное влияние на азотный обмен растений. Больше всего изменяется соотношение между белковым и небелковым азотом, содержание белков, увеличивается накопление отдельных аминокислот, аммиака и других соединений, в состав которых входит азот. Фитотоксичные вещества, образованные в результате деятельности микроорганизмов, влияют на интенсивность дыхания растений и снижают их фотосинтетическую активность.

Многочисленные почвенные организмы в процессе своей жизнедеятельности вырабатывают разнообразные вещества, которые, накапливаясь в почве, задерживают или полностью подавляют развитие многих патогенных грибов.

Растения выделяют в почвенную среду различные аминокислоты, углеводы и другие вещества. Вместе с экссудатами в почву поступает большинство веществ, участвующих в метаболизме клеток высших растений: сахара, гликозиды, органические кислоты, витамины, ферменты, алкалоиды и др. Все они в той или иной мере могут использоваться микроорганизмами в качестве источника питания. Для возбудителей корневых гнилей это имеет особое значение, так как корневые экссудаты стимулируют их рост и обеспечивают развитие в ризосфере растений. Экссудаты корней и водные вытяжки из растений стимулируют также прорастание конидий офиоболуса и других грибов. Однако отдельные компоненты корневых выделений в больших концентрациях могут задерживать их прорастание.

Основные мероприятия по воспроизводству фитосанитарного состояния почвы следующие:

возделывание сельскохозяйственных культур в севообороте (чем больше различий между культурами, тем выше фитосанитарный эффект); использование устойчивых к болезням, вредителям и сорным растениям сортов;

применение рациональной обработки почвы;

посев промежуточных культур;

применение санитарно-профилактических мероприятий;

использование биологических и химических средств защиты растений.

2.2.4. АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ И ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВО

Содержание питательных веществ. Растения усваивают азот и зольные элементы из почвы в форме минеральных солей. Кроме того, они могут усваивать некоторые относительно простые органические азот- и фосфорсодержащие вещества (определенные аминокислоты, фитин). Однако практическое их значение в питании ничтожно.

В наибольшем количестве растения поглощают *макроэлементы*: азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу. Их содержание в растениях исчисляется целыми процентами или десятками долями. При сжигании органического вещества все элементы, кроме азота, остаются в золе, поэтому их часто называют *зольными элементами*.

Растениям необходимы также элементы, которые потребляются ими в небольших количествах, но играют важную роль в различных процессах обмена веществ. К ним относятся железо, бор, марганец, цинк, медь, молибден и др. Их называют *микроэлементами*. Исчисляются они сотыми и тысячными долями процента.

В растениях встречаются также элементы в ничтожно малых количествах, которые называют *ультрамикроэлементами*. К ним можно отнести серебро, золото, радий, уран, торий, актиний и др. Значение этих элементов в жизни растений изучено недостаточно, хотя они несомненно играют определенную роль в биохимических процессах. Кроме перечисленных элементов растения поглощают и другие вещества, находящиеся в почве, которые, хотя и не являются необходимыми, могут действовать на растения как положительно (натрий на сахарную свеклу, кремний на зерновые культуры), так и отрицательно (хлор на картофель, табак и другие хлорофобные культуры).

При возделывании растений в различных почвенно-климатических условиях потребность их в каждом питательном элементе бывает неодинаковой. Однако почти повсеместно для формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур необходимы прежде всего азот, фосфор и калий. Потребность в кальции возникает на кислых почвах со слабой буферностью и низкой степенью насыщенности основаниями. Высокое действие магния часто наблюдается на легких дерново-подзолистых почвах.

Основную часть питательных веществ растения усваивают из почвенного раствора, который постоянно взаимодействует с твердой фазой почвы. Скорость обмена ионами между твердой и жидкой фазами очень высокая: в течение нескольких минут обмен ионами может происходить многократно. Для ускорения взаимодействия твердой фазы и почвенного раствора важное значение

имеет его концентрация. Состав почвенного раствора сильно изменяется.

Содержание доступных форм питательных веществ зависит от их валового запаса. Большую роль в переводе валовых запасов питательных веществ в подвижное состояние играет почвенная микрофлора, особенно прикорневой зоны (ризосфера). В плодородии почвы велико значение микроорганизмов, способных связывать атмосферный азот. Главный источник азота в почве — гумус, содержащий около 5 % азота. Этот азот является основным источником питания растений. В минеральной форме азота содержится немного — около 1—3 %.

Азот. Запасы гумуса в метровом слое почвы на 1 га, по данным И. В. Тюрина, составляют: в сероземах — 50 т, светло-каштановых — 100, темно-каштановых и южных черноземах — 200—250, обыкновенных черноземах — 400—500, мощных черноземах — 800, выщелоченных черноземах — 500—600, серых лесостепных — 150—300, дерново-подзолистых — 80—120 т. В пахотном слое почвы гумуса гораздо меньше, чем в метровом слое. В то же время верхние слои почвы больше обогащены микрофлорой, и основная часть азота при минерализации гумуса поступает на питание растений именно из этих слоев.

Источниками пополнения запасов азота в почве являются азотфиксирующая способность свободноживущих и клубеньковых микроорганизмов, а также поступление его с атмосферными осадками. Наибольшее количество азота накапливается в почве благодаря жизнедеятельности клубеньковых бактерий бобовых растений. Ежегодно на 1 га посева бобовых культур может накапливаться следующее количество азота: клевера — 150—160 кг, люпина — 160—170, люцерны — 250—300, сои — 100, вики, гороха, фасоли — 70—80 кг.

Фиксация азота несимбиотическими, или свободноживущими, микроорганизмами зависит от обеспеченности их углеводами, фосфором, кальцием и другими элементами; реакции почвенной среды, температуры, влаги, условий аэрации (*Clostridium pasteurianum* живет в анаэробных условиях, *Azotobacter chroococcum* и другие бактерии — в аэробных). Эти микроорганизмы способны ежегодно накапливать от 5 до 15 кг/га связанного азота. Кроме бактерий связывать атмосферный азот могут грибы и водоросли, находящиеся в симбиозе с некоторыми высшими растениями.

Запасы азота в почве пополняются за счет азота атмосферных осадков. Обычно он поступает в виде аммиака и отчасти нитратов. Эти соединения образуются в атмосфере под действием грозовых разрядов. С осадками ежегодно поступает азота 2—11 кг/га.

Перечисленные источники пополнения запасов азота несомненно представляют практический интерес, но составляют лишь

незначительную часть того азота, который выносится с урожаем сельскохозяйственных культур. Поэтому необходимо принимать меры для воспроизводства почвенных запасов азота. Наиболее существенный и реальный путь — внесение органических и минеральных удобрений.

Содержание в почве минерального азота очень динамично и зависит от влажности и активности почвенной микрофлоры, фазы развития растений. При разложении 1 т гумуса в почву поступает около 50 кг/га азота, однако не весь азот усваивается растениями. Существует несколько источников потери минеральных форм азота из почвы. Основными из них являются: иммобилизация, т. е. потребление азота почвенной микрофлорой; выщелачивание, и прежде всего нитратных форм азота, в грунтовые воды; улетучивание аммиака, оксидов азота и молекулярного азота в воздух; фиксация аммония почвой или необменное его поглощение.

Особенно интенсивное поглощение азота микроорганизмами почвы наблюдается при внесении органических веществ с широким соотношением углерода и азота (20—25 : 1). В то же время в плазме микробов азота значительно больше, чем в разлагающихся органических веществах. Среднее соотношение углерода и азота в плазме микробов составляет 10 : 1. Поэтому при внесении в почву растительных остатков почвенная микрофлора для построения плазмы использует не только азот органических веществ, внесенных в почву, но и минеральный азот почвы. Это приводит к ухудшению азотного питания культурных растений.

Особенно часто подобные процессы наблюдаются при запашке соломы накануне посева последующих культур. Для снижения иммобилизации азота микрофлорой почвы к растительным остаткам (солома), богатым целлюлозой, рекомендуют добавлять около 1 % минерального азота.

Необходимо отметить, что процесс иммобилизации азота почвы микроорганизмами не всегда служит отрицательным фактором. На легких почвах в зоне достаточного увлажнения в результате иммобилизации минеральный азот почвы закрепляется в верхних ее слоях. В дальнейшем при разложении плазмы микроорганизмов одна часть азота закрепляется в гумусовых веществах, а другая переходит в минеральные формы.

Вымывание нитратов осадками и при орошении наблюдается на почвах легкого гранулометрического состава с низким содержанием органического вещества. Под культурами сплошного посева потери нитратного азота резко снижаются, поскольку образовавшийся благодаря нитрификации азот поглощается растениями. В паровом поле потери нитратов наибольшие, потому что они не адсорбируются коллоидами почвы и передвигаются вместе с почвенной влагой.

Значительная часть газообразного азота теряется из почвы вследствие *денитрификации*. Этот процесс восстановления нитратного азота почвы до свободного газообразного азота происходит в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, получивших название *денитрификаторов*.

Потери азота при денитрификации объясняются тем, что микроорганизмы развиваются при отсутствии кислорода воздуха, а для дыхания используют кислород нитратов, восстанавливая азот до свободной молекулярной формы.

Для денитрификации, а следовательно, и потерь молекулярного азота наиболее благоприятны анаэробные условия, щелочная реакция почвы и избыточное количество в почве органического вещества, богатого клетчаткой, глюкозой и другим энергетическим материалом, а также высокое увлажнение почвы.

Кроме денитрификации существуют и другие пути потерь газообразного азота. Эти потери связывают главным образом с распадом азотистой кислоты в почве или с другими химическими соединениями почвы. Наиболее существенные потери азота бывают при распаде азотистой кислоты с образованием азотной кислоты и оксида азота. При подкислении почвы до pH ниже 6 этот процесс усиливается. На воздухе NO окисляется до NO₂.

Часть азота, внесенного с удобрениями или находящегося в почве, поглощается некоторыми минералами из группы гидрослюдов. Механизм закрепления аммония в необменной форме можно представить следующим образом. При увлажнении почвы кристаллическая решетка минерала расширяется, и аммоний вначале поглощается обменно, но может проникать внутрь нее, занимая свободные радикалы. При подсушивании почвы катионы аммония, попавшие внутрь решетки минерала, оказываются как бы сжатыми, т. е. фиксированными. Такой аммоний трудно вытеснить различными растворителями, не поддается он и воздействию нитрифицирующих бактерий. Такой фиксированный аммоний малодоступен для растений.

По данным А. В. Петербургского и В. Н. Кудеярова, количество фиксированного аммония в почвах различно. Так, в пахотном слое в зависимости от типа и разновидности почвы содержание его составляет от 130 до 350 кг/га. Если в верхнем слое почвы содержание фиксированного аммония составляет 2—7 % общего количества, то в подпочве оно повышается до 30—35 %. Это объясняется тем, что с глубиной резко снижается количество гумуса, а относительное содержание фиксированного аммония от общего количества азота заметно возрастает. Способность почв фиксировать аммоний в необменном состоянии зависит от вида глинистых минералов, температуры среды, реакции почвенного раствора, наличия гумуса в почве, микробиологической активности, влажности и других факторов.

Фиксирующая способность почв в отношении аммония возрастает с увеличением температуры и рН. На кислых почвах фиксация аммония значительно меньше, чем на щелочных. Максимальная она на солонцах. Фиксация аммония возрастает и в почвах с большим содержанием гумуса, который, очевидно, связывает аммоний химически, что отличается от обычного понимания его фиксации. Способность почвы фиксировать аммоний проявляется при наличии в ней глинистых минералов с трехслойной кристаллической решеткой, особенно вермикулита.

Фиксированный аммоний почвы — это не безвозвратно потерянный азот; при определенных условиях (введении в кристаллическую решетку катионов кальция, магния, натрия) он может использоваться растениями.

Фосфор. В разных почвах количество фосфора (P_2O_5) неодинаковое: от 0,01 % в бедных песчаных почвах до 0,20 % в мощных высокогумусных почвах. Верхние слои почвы обычно содержат больше P_2O_5 , что связано с накоплением фосфора в зоне отмирания основной массы корней. Вниз по профилю почвы количество P_2O_5 уменьшается. Фосфор в почве присутствует в органической и минеральной формах.

Органические фосфаты входят главным образом в состав гумусовых веществ. Фосфор этих соединений доступен растениям после их разложения.

Некоторые растения способны усваивать фосфорную кислоту из несложных фосфорорганических соединений. Это обусловлено тем, что корни ряда растений выделяют фермент фосфатазу, который и отщепляет фосфорную кислоту от органических соединений. Внеклеточной фосфатазной активностью обладают горох, кукуруза, бобы и другие культуры. Минеральные фосфаты в почвах находятся в виде солей кальция, железа и алюминия. Фосфаты кальция преобладают в нейтральных и щелочных почвах, а фосфаты полутораоксидов алюминия и железа распространены в кислых почвах. Следует иметь в виду, что кальциевые соли фосфорной кислоты имеют более высокую растворимость, а соли алюминия и железа растворимы меньше, поэтому менее доступны растениям.

Основной источник фосфорного питания растений — минеральные соединения фосфора в почве. Для питания растений пригодны соли ортофосфорной (H_3PO_4) и метафосфорной (HPO_3) кислот. Наиболее доступны соли одновалентных катионов фосфорной кислоты. Растворимы в воде и легко усваиваются растениями также соли двухвалентных катионов при замещении одного водорода ортофосфорной кислоты (однозамещенные фосфаты кальция). Соли метафосфорной кислоты и в этом случае плохо растворимы в воде.

Двухзамещенные соли двухвалентных катионов (CaHPO_4) ортофосфорной кислоты нерастворимы в воде, но растворяются в слабых кислотах, что дает основание считать их вполне усвояемыми растениями. Эти соли через корни выделяют слабые кислоты, вызывая местное подкисление почвы в прикорневой зоне.

Трехзамещенные фосфаты двухвалентных катионов весьма слабо растворимы в воде, поэтому большинством растений в заметном количестве не усваиваются.

Разные культуры обладают неодинаковой способностью усваивать фосфор из труднодоступных соединений. Люпин, гречиха, горчица могут усваивать фосфор из трехзамещенных фосфатов кальция. В меньшей мере этой способностью обладают горох, донник, эспарцет и конопля.

Как отмечали Э. Рюбензам и К. Рауэ, люцерна, клевер и другие бобовые, в меньшей степени рожь и кукуруза, могут растворять труднодоступные соединения фосфора благодаря своей относительно мощной корневой системе.

Из-за слабой подвижности фосфора в почве практически отсутствуют естественные пути потерь фосфорных соединений, как и естественные источники их пополнения по сравнению с азотом.

Содержание подвижных форм фосфора непосредственно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Оптимальный уровень обеспеченности подвижным фосфором для дерново-подзолистых и серых лесных почв (по Кирсанову) находится в пределах 150—250 мг/кг, для чернозема (по Мачигину) — 45—60 мг/кг. При этих уровнях обеспеченности фосфором получают наиболее высокий урожай большинства полевых культур.

При внесении органических и фосфорных удобрений содержание фосфора в почве повышается. Затраты P_2O_5 на увеличение содержания фосфора в почве на 1 мг составляют в зависимости от гранулометрического состава различных типов почвы от 40 до 120 кг/га.

Калий. Калий почвы — основной источник питания растений. Валовое содержание его в почве часто превышает количество азота и фосфора. Это в значительной мере определяется гранулометрическим составом. В глинистых и суглинистых почвах содержание калия достигает 3 %, значительно меньше его в песчаных, супесчаных и торфяных почвах — снижение доходит до 0,1 %.

Валовое содержание калия в почве не всегда характеризует обеспеченность им растений, так как в почве бывает лишь около 1 % валовых запасов, доступных растениям. Поэтому об обеспеченности растений калием в разных почвах судят по его подвижным формам.

По доступности растениям все соединения калия в почве можно разделить на пять групп.

1. Калий, входящий в состав минералов почвы (алюмосиликаты). Эта форма калия труднодоступна растениям. Однако некоторое количество калия мусковита, биотита и нефелина может стать доступным в результате действия на них диоксида углерода и некоторых органических кислот, выделяемых корнями растений. В зависимости от типа почвы переход калия из необменных форм в обменные протекает с различной интенсивностью. На дерново-подзолистых почвах эта величина составляет ежегодно 15—30 кг/га, на выщелоченных черноземах — около 60 кг/га.

2. Поглощенный, или адсорбционно-связанный на поверхности почвенных коллоидов, калий — главный источник калийного питания растений. Его в почве может быть 50—300 мг/кг почвы. Растения в процессе вегетации используют лишь часть обменного калия в зависимости от свойств почвы, биологических особенностей растений, погодных условий и т. д.

3. Водорастворимый калий составляет 10—20 % количества K_2O , находящегося в обменном состоянии, а по мнению Э. Рюбензама и К. Рауэ, — около 1 %.

В неудобренной дерново-подзолистой почве РГАУ—МСХА в течение весенне-летнего периода количество водорастворимого калия колебалось от 1,5 до 5 мг/кг почвы.

Водорастворимый калий наиболее доступен для питания растений. Появляется он в почве вследствие химического и биологического воздействий на почвенные минералы, а также их гидролиза. Часть калия может переходить из обменного состояния в раствор в результате вытеснения его из поглощающего комплекса различными солями, в том числе и вносимыми в почву удобрениями.

4. Некоторая часть калия почвы входит в состав плазмы микроорганизмов. В дерново-подзолистой почве количество его достигает 40 кг K_2O на 1 га. В доступную форму этот калий переходит лишь после отмирания микробов. Калий содержится также в растительных и животных остатках, после их разложения он становится доступным растениям.

5. Калий, фиксированный почвой. В почве протекают процессы не только превращения калия из труднорастворимых форм в обменную и водорастворимую, но и закрепления калия в необменном состоянии, т. е. фиксация его почвой. Этот процесс активно происходит при переменном смачивании и подсушивании почвы.

Почва тяжелого гранулометрического состава отличается повышенной фиксацией калия. Особенно интенсивно фиксируется калий при наличии в почве глинистых минералов группы монтмориллонитов и гидрослюд, которым свойственна внутрикристаллическая адсорбция катионов. Каолинитовая группа глинистых минералов не обладает этим свойством и не фиксирует калий.

Различные типы почв обладают неодинаковой способностью закреплять калий в необменном состоянии. Наиболее интенсивно калий фиксируется в солонцах. Черноземы обладают большей способностью фиксировать калий, чем дерново-подзолистые почвы.

Фиксирующая способность почвы проявляется до определенного предела. Фиксация калия из удобрений на дерново-подзолистых почвах невелика и редко превышает 200 кг/га, на черноземах она достигает 700 кг/га K_2O . Внесением удобрений можно достичь их полного насыщения емкости фиксации.

По мере повышения содержания калия в почве растет урожайность сельскохозяйственных культур. Наибольший урожай на дерново-подзолистых почвах формируется при содержании обменного калия 170—225 кг/га. Этот уровень можно считать оптимальным для дерново-подзолистых и серых лесных почв.

Оптимальное содержание подвижного калия в основных подтипах черноземов колеблется в зависимости от почвы, культуры и метода определения от 130 до 200 мг/кг по Чирикову, до 400 мг/кг по Мачигину.

Основной фактор воспроизводства элементов минерального питания — внесение органических и минеральных удобрений. При содержании элементов питания в почве ниже оптимального уровня воспроизводства их должно быть расширенным (внесение НРК выше их выноса с урожаем), а при достижении оптимальных значений — простым.

Микроэлементы. Кроме рассмотренных элементов большую роль в формировании урожая и его качества играют микроэлементы: марганец, бор, молибден, медь, цинк, кобальт, йод. Они участвуют во многих физиологических и биохимических процессах растений. Микроэлементы — обязательная составная часть ферментов, витаминов, ростовых веществ, которые в растениях выполняют важную роль ускорителей и регуляторов сложнейших биохимических процессов. Микробиологические процессы протекают также при участии ферментов, в состав которых входят микроэлементы.

Растениям микроэлементы требуются в очень малых количествах. Однако их недостаток и избыток нарушают деятельность обмена веществ у растений. При недостатке микроэлементов растения поражаются различными болезнями: сахарная свекла, например, гнилью сердечка, лен — бактериозом, зерновые культуры на торфянистых почвах — пустозерностью и т. д.

Вынос микроэлементов с урожаем сельскохозяйственных культур с 1 га почвы составляет от десятых долей грамма (молибден) до нескольких сотен граммов (марганец, цинк).

Потребность в микроэлементах удовлетворяется за счет почвенных запасов и внесения навоза, который содержит почти все

необходимые для растений микроэлементы. Кроме того, микроэлементы поступают в почву с некоторыми минеральными удобрениями: сырыми калийными солями, фосфоритной мукой, томашляком, золой и др. В минеральных удобрениях 70—75 % валового содержания микроэлементов находится в подвижной, т. е. усвояемой для растений, форме. Подвижность микроэлементов в навозе значительно меньше, чем в минеральных удобрениях, и составляет не более 25 %.

Для получения высоких урожаев потребность растений в различных микроэлементах почвой удовлетворяется не полностью. В этом случае их необходимо вносить с микроудобрениями.

Реакция почвенной среды. Большое значение для плодородия почвы и получения высоких урожаев имеет реакция почвенного раствора. Большинство возделываемых культур и почвенных микроорганизмов лучше развивается при слабокислой или нейтральной реакции почвы. Однако отдельные виды культурных растений значительно различаются по требовательности как к наиболее оптимальному для их роста интервалу рН, так и к смещению его в ту или другую сторону.

Одни растения (люцерна, сахарная свекла, хлопчатник) не выдерживают кислых почв, другие (люпин, гречиха, лен, картофель) успешно растут на слабокислой почве, у остальных оптимальная реакция почвенного раствора находится в диапазоне, близком к нейтральной реакции почвенной среды (табл. 7).

7. Оптимальная и допустимая реакция почвенного раствора для основных сельскохозяйственных культур (по Панникову и Минееву)

Культура	Оптимальный рН	Допустимый рН	Культура	Оптимальный рН	Допустимый рН
Люпин	4—5	4—6	Клевер	6—6,5	5—8
Картофель	5—6	4—7	Горох	6—7	5—8
Овес	5—6	4—8	Кукуруза	6—7	5—8
Рожь	5—6	4—7	Пшеница	6—7	5—8
Лен	5—6	5—7	Сахарная свекла	7	6—8
Гречиха	5—6	5—7	Люцерна	7—8	6—8,5

Косвенное действие кислотности проявляется в резком снижении почвенного плодородия из-за увеличения подвижности гумусовых веществ и вредного влияния ионов H^+ на минеральную часть почвы. При этом почва обедняется коллоидами, которые вымываются в подпахотные слои. Недостаток в почве обменных веществ кальция и магния вызывает резкое ухудшение физических и физико-химических свойств почвы (структура, емкость поглощения, буферность). В почвенном растворе появляются свободные ионы алюминия и марганца, токсичные для растений. Подвижность же некоторых микроэлементов (напри-

мер, молибдена) уменьшается, и растения испытывают в них недостаток.

При повышенной кислотности угнетаются почвенные организмы, прежде всего нитрификаторы и азотфиксирующие бактерии (клубеньковые и свободноживущие), почвенная фауна (дождевые черви, клещи, ногохвостки). В целом биологическая активность кислой почвы несравненно ниже, чем нейтральной.

Содержание в пахотной почве щелочно-земельных оснований снижается; параллельно идет подкисление почвы. Основные причины повышения кислотности — вынос кальция и магния с урожаем и вымывание их из почвы.

Растения с урожаем выносят с 1 га от десятков до нескольких сотен килограммов кальция и магния, в зависимости от культуры и величины урожая. Больше всего кальция и магния потребляют капуста, люцерна, клевер, которые отличаются высокой чувствительностью к повышенной кислотности почвы.

Потери кальция и магния в результате выщелачивания зависят от почвы и количества выпадающих осадков. Так, на кислых почвах этих элементов может вымываться 200—300 кг/га, на карбонатных — значительно больше. На почвах легкого гранулометрического состава и при промывном водном режиме кальция и магния теряется больше.

Один из приемов устранения избыточной кислотности — *известкование почв* (внесение CaCO_3). Известь оказывает многостороннее положительное действие на почву: нейтрализует органические кислоты в почве и вытесняет ионы водорода из поглощающего комплекса. Это способствует устранению обменной и значительному снижению гидролитической кислотности почвы, повышению степени насыщенности почв основаниями и увеличению емкости поглощения.

Улучшение почвенной реакции солонцов и солонцеватых почв достигают *гипсованием* (внесением CaSO_4). В результате этого устраняется избыточная щелочность, улучшаются физико-химические и биологические свойства почвы, облегчается их обработка, улучшается аэрация. Все это способствует усилению микробиологической деятельности и улучшению плодородия почвы. Для повышения эффективности гипсования необходимы глубокая вспашка, снегозадержание, применение удобрений, орошение. Действие гипсования сохраняется на протяжении 8—10 лет.

Интенсивное земледелие базируется на постоянном применении органических и минеральных удобрений. Эффективность минеральных удобрений с увеличением доз, как правило, снижается. Поэтому необходимо повышать коэффициенты использования питательных веществ, вносимых с минеральными удобрениями. Основные направления повышения эффективности возрастаю-

ших доз NPK — выведение новых интенсивных сортов сельскохозяйственных культур, совершенствование состава и форм минеральных удобрений, разработка агротехнических приемов рационального использования удобрений.

Бездефицитный баланс питательных веществ должен быть создан на дерново-подзолистых почвах, характеризующихся низким потенциальным плодородием, хорошей влагообеспеченностью и связанной с этим высокой окупаемостью удобрений.

На почвах с большими валовыми запасами элементов питания растений (черноземы, пойменные земли) питательный режим можно значительно улучшить с помощью рациональной механической обработки. В этом случае допустимо временное, более интенсивное использование почвенных запасов питательных элементов. Для этого усиливают биохимические и микробиологические процессы.

Наиболее эффективное использование почвенных или внесенных элементов питания растений возможно при создании оптимального водно-воздушного режима почвы. При недостатке влаги растения не усваивают запасы питательных веществ; при избыточном увлажнении возникает опасность значительных непроизводительных их потерь.

Рациональному использованию плодородных почв в решающей степени способствует высокая культура земледелия в хозяйстве: своевременное и качественное выполнение всех полевых работ, возделывание лучших районированных сортов культур, защита посевов от сорняков, вредителей и болезней.

Эффективность удобрений зависит от почвенно-климатических условий. Уровень плодородия почвы и состояние ее питательного режима влияют на выбор вида удобрения, определение соотношения NPK, доз и сроков внесения. В Нечерноземной зоне, где осадков выпадает больше, чем испаряется с поверхности почвы, применение удобрений высокоэффективно. В степной зоне, характеризующейся неустойчивостью водного режима почв из-за преобладания испарения с поверхности над количеством выпадающих осадков, первоочередными задачами являются проведение агротехнических мероприятий по накоплению и рациональному использованию влаги осадков и искусственное орошение почвы.

Контрольные вопросы и задания

1. Раскройте понятие «плодородие почвы» в современной земледелии. 2. Перечислите показатели плодородия почвы. 3. Охарактеризуйте простое и расширенное воспроизводство плодородия почвы. 4. Что представляет собой модель плодородия почвы? 5. Расскажите о факторах структурообразования. 6. Каковы основные направления воспроизводства структуры почвы? 7. Какова роль глубины пахотного слоя? 8. Назовите статьи прихода и расхода органического вещества

почвы. 9. Какова роль сельскохозяйственных культур в балансе гумуса почвы? 10. Раскройте функции почвенной биоты. 11. Каковы основные мероприятия, направленные на воспроизводство фитосанитарного состояния почвы? 12. Расскажите о воспроизводстве агрохимических показателей плодородия почвы. 13. Составьте схему модели плодородия дерново-подзолистой почвы. 14. Составьте схему воспроизводства плодородия почвы.

2.3. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ И БОРЬБА С НИМИ

Один из важнейших элементов (звеньев) системы земледелия — борьба с сорняками (сорными растениями). *Сорные растения* (сорняки) — это растения, засоряющие сельскохозяйственные угодья и причиняющие вред сельскохозяйственным культурам. К сорным принадлежат растения, не культивируемые человеком, но исторически приспособившиеся к условиям возделывания культурных растений, растущие вместе с ними и наносящие ущерб посевам. Сорные растения встречаются на полях, лугах и других сельскохозяйственных угодьях. Иногда посевы одних сельскохозяйственных культур засоряются другими видами культурных растений. Такие растения называют засорителями.

Засорители — это растения, относящиеся к культурным видам, но не возделываемые на данном поле. Так, в посевах озимой пшеницы можно встретить озимую рожь, яровую пшеницу или ячмень, в яровой пшенице — овес, ячмень и другие культуры.

В процессе эволюции некоторые сорняки настолько приспособились к условиям жизни культурных растений, что существуют как спутники последних и произрастают повсеместно. Сорняки, засоряющие посевы только определенных культур, называют *специализированными*. В посевах озимых можно встретить специализированные виды сорняков — трехреберник западный, василек синий, кострец ржаной и др.; на полях проса — щетинники; в посевах риса — куриное просо и т. д. Многие сорные растения встречаются в посевах большинства сельскохозяйственных культур.

Сорняки характеризуются большой устойчивостью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям. Приспосабливаясь к жизни культурных растений, они вырабатывают аналогичные им свойства как высокоорганизованные растения, обладают высокой экологической пластичностью. На пашне и других сельскохозяйственных угодьях культурные и сорные растения произрастают вместе и представляют собой искусственные ценозы — агрофитоценозы, в которых благодаря исключительной жизнеспособности сорняков сохраняется их устойчивость. В результате длительного сельскохозяйственного использования почвы в ней создаются и накапливаются семена сорных растений и их вегетативные зачатки. Запасы семян составляют 500—800 млн на 1 га и более.

2.3.1. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ — КОНКУРЕНТЫ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Основной вред, причиняемый сорными растениями, заключается в резком снижении урожайности сельскохозяйственных культур с одновременным ухудшением качества получаемой продукции. Это происходит в результате конкуренции между культурными и сорными растениями за основные факторы жизни — воду, свет, тепло и питательные вещества.

Потери урожая от сорняков, болезней, вредителей различных культур в мире очень велики: зерновых — 500—510 млн т, сахарной свеклы — 65—75, картофеля — 125—135, овощей — 78—79 млн т, что составляет 30—40 % общего сбора продукции и оценивается астрономической цифрой — 175 млрд долл. США (Захаренко).

Снижение урожая на засоренных посевах объясняется ухудшением условий жизни культурных растений. Некоторые из культур совсем не выносят засорения, особенно пропашные. Сорняки, развивая мощную корневую систему, могут поглощать огромные количества влаги. Например, корни овсяга достигают двухметровой глубины, и он потребляет из почвы в 1,5 раза больше влаги, чем пшеница. А корни таких сорняков, как бодяк полевой, хвощ, донник, горчак розовый и др., развивают корневую систему до глубины 7,5 м и более.

Известно, что для формирования 1 кг сухого вещества сорняки поглощают от 250 до 1000 л воды, что, как правило, превосходит аналогичный показатель для культурных растений. На засоренных полях влажность почвы в корнеобитаемом слое снижается на 3—4 %. У многих сорняков корневая система развивается быстрее, в результате они начинают раньше потреблять воду и питательные элементы, усваивая их нередко в больших количествах, чем культурные растения.

Особенно заметный ущерб причиняют сорняки в условиях систематического применения минеральных удобрений: коэффициент использования питательных веществ культурными растениями составляет в среднем 30—40 %, а сорняками значительно больше — от 50 до 70 %.

Сорные растения также заглушают посева, а выходящие вызывают полегание. Затеняя почву, потребляя из нее огромное количество воды, они снижают температуру почвы, вызывая ослабление деятельности микроорганизмов. В результате замедляются процессы разложения органического вещества и снабжение растений питательными веществами.

Ухудшая условия жизни культурных растений, сорняки отрицательно влияют на качество урожая: снижаются стекловидность, содержание белка в зерне, масличность, увеличивается пленчатость.

Примесь семян гречихи татарской и костреца ржаного в зерне озимой ржи придает муке черный цвет, и она быстро портится. Хлеб, испеченный из муки с примесью костреца ржаного, быстрее черствеет. Семена ярутки полевой придают муке горький вкус и делают ее несъедобной.

Кроме того, сорная растительность вредит косвенно, являясь очагом распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. На однодольных сорняках, таких, как пырей ползучий, свинорой, щетинники, куриное просо и др., развиваются многие вредители — переносчики ржавчины, большинства грибных заболеваний зерновых культур. Головня овсюга в значительной степени поражает овес. Картофельный рак переходит на культурное растение с паслена черного, который, кроме того, служит источником питания колорадского жука. На лебеде, чертополохе живет долгоносик — вредитель сахарной свеклы. На листьях осотов откладывает яйца озимая совка, гусеницы которой сильно повреждают всходы озимых. Многие сорняки могут вызывать аллергические заболевания и отравление животных.

Донник лекарственный, чеснок, полынь при скармливании скоту придают неприятный вкус молоку и маслу. Кроме самостоятельно развивающихся сорняков в посевах культурных растений, а также на необработанных землях произрастает более 120 видов паразитных и 220 видов полупаразитных сорняков, которые питаются продуктами фотосинтеза культурных растений, истощают и приводят их к гибели.

Одна из причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур — химическое влияние друг на друга культурных и сорных растений, называемое *аллелопатией*. Известны факты замедления роста, цветения и развития культурных растений в результате выделения сорняками (корневыми системами, семенами или частями растений) различных органических веществ. Так, Э. Райс отмечает, что бодяк подавляет рост овса, подмаренник — пшеницы, кукурузы. При взаимодействии растений иногда наблюдается не только ингибирующее, но и стимулирующее действие. Аллелопатическое взаимодействие культурных и сорных растений полностью не изучено.

Вредоносность сорняков в посевах сельскохозяйственных культур определяется *экономическим порогом* — тем минимальным количеством сорняков, полное уничтожение которых обеспечивает получение прибавки урожая, окупающей затраты на истребительные мероприятия. Экономические пороги вредоносности определены для большинства сельскохозяйственных культур. Так, экономический порог вредоносности для озимых культур составляет 10—25 малолетних сорняков на 1 м², 2—5 многолетников; для яровых зерновых — соответственно 15—45 и 3—10; для пропашных — 5—15 и 1—3 шт/м².

Вредоносность сорняков определяется чувствительностью к ним культурных растений в зависимости от фазы роста и развития последних. Проведенные исследования показали, что *критические периоды* приурочены к ранним фазам роста и развития культурных растений.

Сорняки затрудняют проведение большинства сельскохозяйственных работ. До 40 % затрат на обработку почвы уходит на борьбу с сорными растениями. Кроме того, значительная засоренность полей, особенно злостными сорняками, вызывает дополнительные приемы обработки почвы. Тяговое сопротивление почвообрабатывающих орудий на таких полях повышается на 30 % и более, что приводит к значительному перерасходу топлива. На засоренных полях затруднена работа многих уборочных машин, при сильном засорении они часто ломаются. Сорняки затрудняют обмолот хлебов комбайнами. Стебли вьюнка полевого, трехреберника, метлицы и других сорняков наматываются на шнек; семена и стебли сорняков забивают сепарирующие органы комбайна, что приводит к частым остановкам и поломкам агрегата. Засоренное зерно имеет повышенную влажность, требует дополнительных затрат на очистку и сушку. Увеличение затрат приводит к снижению производительности труда и повышению себестоимости продукции.

Сельскохозяйственная практика и результаты исследований свидетельствуют, что в условиях интенсификации земледелия вред от сорняков не уменьшается, поэтому необходимо вести решительную борьбу с ними. Для этого нужно знать биологические особенности сорных растений.

2.3.2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Рассмотрим основные особенности, отличающие сорные растения от культурных.

Воспроизводство (плодовитость). Сорные растения обладают огромной плодовитостью. По данным А. И. Мальцева, С. А. Котта и других исследователей, сорные растения способны образовывать большое количество семян.

<i>Сорняк</i>	<i>Плодовитость, тыс. семян на одно растение</i>	<i>Сорняк</i>	<i>Плодовитость, тыс. семян на одно растение</i>
Амброзия поляннолистная	5	Трехреберник непахучий	54
Василек синий	7	Пастушья сумка	73
Горец вьюнковый	11	Польнь горькая	102
Донник желтый	15	Курай	200
Осот полевой	19	Ширица запрокинутая	500
Осот розовый	35	Гулявник стручатый	730

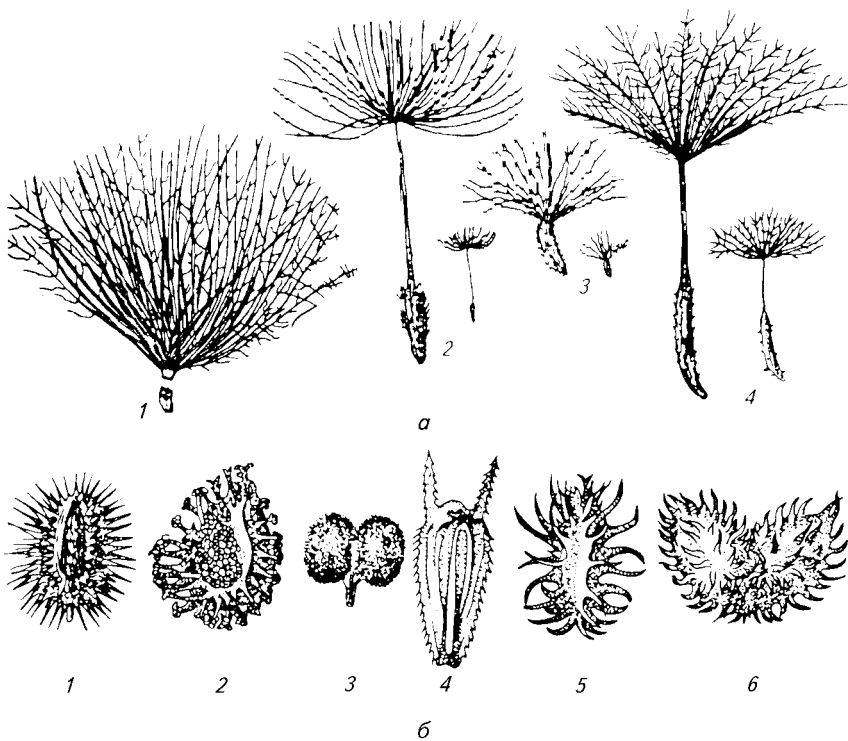


Рис. 13. Приспособление семян сорняков для распространения:

a — семена, снабженные летучками: 1 — бодяк полевой; 2 — одуванчик лекарственный; 3 — крестовник обыкновенный; 4 — козлобородник восточный; *б* — семена, снабженные прицепками: 1 — морковь дикая; 2 — липучка ежевидная; 3 — подмаренник цепкий; 4 — черда; 5 — репейник; 6 — дурнишник

Плодовитость сорных растений в десятки и сотни раз превышает количество семян с одного растения культурных видов. Высокая семенная продуктивность сорняков помогает им в борьбе за существование.

Распространение. Многие семена сорных растений снабжены специальными приспособлениями (рис. 13). Благодаря им семена переносятся на большие расстояния ветром, водой, животными, сельскохозяйственными орудиями и машинами.

Перенос и распространение ветром могут быть более интенсивными, если семена или плоды имеют приспособление в виде летучки. Не меньшее значение для распространения сорняков имеет вода. Она перераспределяет их на элементах склона, поэтому на склоновых землях развивается характерный агрофитоценоз, зна-

чительно отличающийся от равнинных земель. В орошаемом земледелии семена сорняков попадают на поля с поливными водами.

Семена некоторых сорных растений снабжены приспособлениями, скручивающимися и раскручивающимися при изменении влажности воздуха. Такое приспособление имеет овсюг, что позволяет ему перемещаться по поверхности почвы и ввинчиваться в нее.

Семена сорных растений перемещаются на большие расстояния при перевозках зерна в машинах, вагонах, баржах и др.

Жизнеспособность семян. Семена многих сорняков, погребенные в почве, сохраняют жизнеспособность в течение длительного времени (Крафтс, Роббинс).

<i>Сорняк</i>	<i>Максимальная жизнеспособность семян, лет</i>	<i>Сорняк</i>	<i>Максимальная жизнеспособность семян, лет</i>
Амброзия полыннолистная	40	Звездчатка средняя, мокрица	30
Белена черная	5	Метлица обыкновенная	35
Осот розовый	20	Марь белая	38
Василек синий	3	Осот полевой	5
Вьюнок полевой	50	Пырей ползучий	5
Гибискус тройчатый	57	Портулак	40
Горец вьюнковый	10	Сурепка обыкновенная	4
Горчак ползучий	5	Трехреберник непахучий	6
Горчица полевая	11	Щавель курчавый	80
Донник белый	77	Щетинник	30
Просо куриное	13	Щирица	40
		Ярутка полевая	10

Проращение семян сорных растений, покой семян, способность прорасти на свету. Неодновременное и растянутое проращение семян сорняков — важная биологическая особенность, отличающая их от культурных растений. Период проращивания у культурных растений исчисляется днями, у многих сорняков семена могут прорасти в течение всего вегетационного периода или лежать в почве годы, не теряя всхожести. Свойство семян длительное время не давать всходов объясняется их покоем. Различают глубокий и вынужденный покой. *Глубокий покой* наблюдают даже при создании благоприятных условий для проращивания. Его объясняют физиологическим состоянием семени и строением оболочки. *Вынужденный покой* вызывается неблагоприятными внешними условиями для проращивания, недостатком тепла, света, влаги и др.

Например, все виды горцев, щетинников, щирицы осенью после созревания семян, как правило, не проращивают, весной при благоприятных условиях до 97 % семян проращивают и дают всходы. В то же

время семена мокрицы, василька синего, трехреберника после созревания прорастают сравнительно дружно — до 70—80 %.

Ширица заброшенная летом хорошо прорастает и дает всходы, если семена находятся на поверхности почвы.

Жизнеспособность и пластичность при различных экологических режимах. Сорные растения быстро приспосабливаются к изменяющимся внешним условиям среды, что доказывает их высокую приспособляемость и жизнестойкость. В ходе естественной эволюции они стали полнее использовать факторы жизни растений. Многие сорняки отличаются исключительной пластичностью роста и развития, при неблагоприятных условиях они едва заметны на земле, а при благоприятных — сильно ветвятся, достигают огромных размеров и образуют сотни тысяч семян. В условиях, когда количество вносимых удобрений возрастает, изменяются условия существования и поведения отдельных сорняков. Например, пикульник (жабрей) еще несколько лет назад был сорняком нижнего яруса и сравнительно ограниченного ареала. Сейчас же он распространен во многих областях России, причем в посевах большинства сельскохозяйственных культур, нередко опережая их в росте.

Наличие у многих видов сорняков разнокачественных (гетерокарпичных) семян. На одном и том же растении, например у мари белой, встречаются семена трех видов: крупные — прорастают в год созревания; более мелкие — с толстой оболочкой, прорастают на второй год; очень мелкие — прорастают лишь на третий год.

Вегетативное размножение. Быстро размножаются вегетативным путем осот розовый, осот полевой, пырей ползучий, вьюнок полевой и многие другие сорняки. На их подземных органах много почек возобновления, из которых могут образоваться отпрыски и развиться самостоятельные растения. В таблице 8 приведены данные о запасах вегетативных органов размножения у некоторых видов сорняков.

8. Запасы вегетативных органов размножения у некоторых сорняков (по Мальцеву)

Сорняк	Подземные органы на 1 м ³		
	масса, г	длина, м	число почек возобновления
Бодяк	158	8,7	526
Осот полевой	1008	76	1609
Мать-и-мачеха	1524	170	2596
Пырей ползучий	2890	495	25979

К числу других важных биологических свойств сорных растений относятся: сохранение всхожести семян, находящихся в сило-

се, навозе, воде; сохранение жизнеспособности при прохождении через кишечник животных и птиц; способность развивать мощные корневые системы и накапливать в них питательные вещества; вести паразитический или полупаразитический образ жизни.

2.3.3. ЭКОЛОГИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Экология растений изучает влияние на них климатических, почвенных и биотических факторов. Распределение и поведение сорняков в значительной степени связаны с деятельностью человека на сельскохозяйственных угодьях. Система земледелия часто обуславливает преобладание тех или иных видов сорняков. В некоторых случаях по наличию отдельных их видов можно судить о плодородии и реакции почвы. Сорные растения приспособлены к самым разнообразным климатическим условиям. Одни из них растут практически в любых условиях, другие, наоборот, высокотребовательны к условиям произрастания. К сорным растениям, встречающимся почти повсеместно на пахотных землях, относятся марь белая, щирица, щетинники, мокрица, пастушья сумка, подорожник и др.

К числу требовательных к климатическим условиям следует отнести такие сорняки, как свинорой, гумай и др., широко распространенные в южных районах страны, где почва зимой сильно не промерзает.

Большинство сорняков можно встретить на почвах, сильно различающихся по физическим свойствам, влажности, плодородию. Утверждение, что почва, обеспечивающая интенсивный рост сорняков, высокоплодородна, не всегда верно, потому что характер сорной растительности определяется не только плодородием, но и рядом других факторов.

В условиях интенсификации земледелия наблюдаются связь и приуроченность сорняков к среде их обитания в зависимости от различных факторов. В зависимости от севооборота, обработки почвы, состава удобрений и т. д. изменяется видовой состав сорняков. Они неодинаково реагируют на различные сочетания элементов питания. По этому признаку их подразделяют на *азотпозитивные* (марь белая, горец шероховатый), *азотнегативные* (торица полевая, мокрица), *фосфатпозитивные* (горец шероховатый), *фосфатнегативные* (редька дикая, торица полевая), *калийпозитивные* (марь белая, горец шероховатый), *калийнегативные* (редька дикая, торица полевая, мокрица). При недостатке того или иного элемента рост одних сорняков замедляется, а другие получают лучшие условия и легко подавляют своих конкурентов, т. е. под влиянием удобрений может измениться ботанический состав сорной растительности.

Аналогичные изменения происходят при введении и освоении специализированных севооборотов, когда наибольшее распространение получают сорняки, приуроченные к культурам, насыщающим севооборот. Применение отвальных и безотвальных обработок почвы также существенно изменяет видовой состав сорняков.

Широкое применение химических средств борьбы с сорняками становится реальным фактором, влияющим на экологию растений. Гербициды существенно изменяют видовой состав сорной растительности: с одной стороны, исчезают чувствительные к ним виды, а с другой — появляются и получают распространение устойчивые виды. Использование гербицидов группы 2,4-Д привело к заметному снижению обилия мари белой, редьки дикой и к увеличению в агрофитоценозах количества подмаренника цепкого, трехреберника, метлицы полевой и др.

Дальнейшее совершенствование методов борьбы с сорняками должно базироваться на знании изменяющихся экологических условий среды обитания сорняков.

2.3.4. КЛАССИФИКАЦИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

На территории нашей страны около 2 тыс. видов сорных растений. В связи с тем что ботаническая систематика сорняков не отвечает производственным целям, их классифицируют по важнейшим агробиологическим признакам: способу питания растений; продолжительности жизни; способу размножения (табл. 9).

9. Классификация сорных растений (по Мальцеву)

Непаразитные		Паразитные и полупаразитные
<i>Малолетние:</i>	<i>Многолетние:</i>	1. Корневые
1. Эфемеры	не размножающиеся или слабо-	2. Стеблевые
2. Яровые:	размножающиеся вегетативно:	
ранние	стержнекорневые	
поздние	мочковатокорневые	
3. Зимующие	с сильно выраженным вегетатив-	
4. Озимые	ным размножением:	
5. Двухлетники	луковичные	
	клубневые	
	ползучие (с надземными вегета-	
	тивными органами)	
	корневишные	
	корнеотпрысковые	

В основу этой классификации положены биологические особенности сорных растений, поэтому она наиболее пригодна для

производственных целей. Многообразные формы размножения сорняков необходимо знать для успешной борьбы с ними.

По *способу питания* сорняки делят на две группы: непаразитные; паразитные и полупаразитные.

По *продолжительности жизни* выделяют: малолетние (до двух лет жизни) и многолетние.

По *способу размножения* — семенные или вегетативные.

Непаразитные сорные растения. Это обычные высокоорганизованные автотрофные растения.

Малолетние сорные растения размножаются семенами (иногда частями растений), имеют жизненный цикл не более двух лет. После созревания семян растения отмирают.

Многолетние сорные растения произрастают несколько лет на одном и том же месте и неоднократно плодоносят в течение жизненного цикла, размножаются семенами и вегетативными органами.

По способности размножаться вегетативно их делят на две группы: неразмножающиеся или слабо размножающиеся вегетативно; с сильно выраженным вегетативным размножением.

Паразитные и полупаразитные сорные растения. К *паразитным* сорнякам относятся растения, полностью утратившие способность к фотосинтезу. Они питаются за счет растения-хозяина. Контакт с ним осуществляется специальными органами-присосками. В зависимости от места связи с растением-хозяином различают корневые и стеблевые паразитные сорные растения.

К *полупаразитным* относятся растения, обладающие способностью к фотосинтезу. Они могут жить самостоятельно. Однако чаще такие сорняки лучше развиваются, если используют воду и растворенные в ней минеральные соли из корней растения-хозяина. В таких случаях корневая система их развита слабо.

2.3.5. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП СОРНЯКОВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Малолетние сорные растения. По продолжительности жизни и особенностям биологии их разделяют на несколько групп: эфемеры, яровые ранние, яровые поздние, зимующие, озимые и двулетники.

Эфемеры. Это малолетние сорняки с очень коротким периодом вегетации, способные давать за сезон несколько поколений и сильно засорять поля и посевы. Типичный представитель этой группы — мокрица, или звездчатка средняя.

Звездчатка средняя (мокрица) — Stellaria media (L.) (рис. 14). Имеет очень слабый ветвистый стебель, лежащий на земле или слегка приподнимающийся. На плодородных и увлажненных почвах мокрица создает плотные кусты, сплошь покрывая землю, вытесняя и заглушая культурные растения. Засоряет все культуры, особенно пропашные и овощные. Период вегетации длится около 40 дней. Растение дает 15—25 тыс. семян, жизнеспособность их в почве 5—8 лет. Семена хорошо прорастают с глубины до 3 см. Всходы могут появляться в течение всего лета при рыхлении почвы и выпадении осадков. Мокрица — злостный сорняк, обладает большой живучестью, части растений могут легко приживаться на влажной почве.

Яровые ранние сорные растения. К ним относится большая группа сорняков.

Овсяг обыкновенный — Avena fata L. (рис. 15). Широко распространенный злостный сорняк. По внешнему виду похож на культурный овес, но отличается от него тем, что зерновки при созревании легко вываливаются из колоска. У основания каждой из них имеется легкое сочленение (подковка), опушенное волоска-

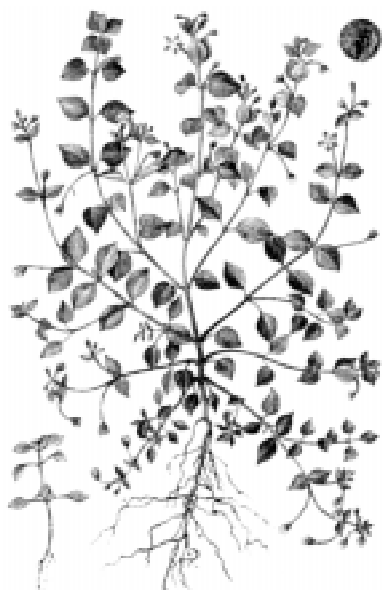


Рис. 14. Звездчатка средняя (мокрица)



Рис. 15. Овсяг обыкновенный

ми. У культурного овса такого сочленения нет. Высота растений 80—120 см. Каждая метелка может давать от 40 до 60 семян.

Созревая раньше зерновых культур, овсюг осыпается, а при обмолоте попадает в бункер, и его очень трудно отделить от семян культурных растений. В год созревания прорастание овсюга слабое (до 8 %), а после перезимовки оно усиливается. Для прорастания овсюга благоприятна глубина 5—10 см. Жизнеспособность семян в почве сохраняется в течение 3—4 лет. Весной основная их масса прорастает в течение 6—12 дней и более. Овсюг засоряет многие культуры, но особенно вредоносен для яровых. Распространен повсеместно, очень широко в Сибири, Зауралье, Поволжье.

Горец вьюнковый — *Polygonum convolvulus* L. (рис. 16). Встречается повсеместно, засоряет все культуры, особенно вредоносен для яровых зерновых и пропашных. Высота 20—100 см, стебель обвивает культурные растения, и они легают. Размножается семенами (одно растение дает до 500 семян). Семена горца вьюнкового похожи на семена культурной гречихи. В год осыпания они прорастают слабо, после перезимовки — с глубины до 12 см. Устойчив к гербицидам группы 2,4-Д. Для его уничтожения применяют смеси гербицидов или почвенные препараты.

В посевах сельскохозяйственных культур широко распространены другие сорняки этого семейства: *горцы* — *развесистый*, *птичий*, *льняной*, *почечуйный*, *гречиха татарская (карлык)* и др.

Редька дикая — *Raphanus raphanistrum* L. Распространена широко, особенно в Нечерноземной зоне. Засоряет зерновые и пропашные культуры. Вначале растет быстро, сильно ветвится, достигая высоты 70 см. Цветет и плодоносит до глубокой осени. На одном растении образуется до 12 тыс. семян. Заключенные в твердую оболочку, они осенью не прорастают. Семена сохраняют всхожесть до 7 лет, прорастают с глубины до 6 см.

Помимо редьки дикой в посевах встречаются *горчица полевая*, *репа дикая*, *рыжик льняной*, бороться с которыми необходимо и сложно. Все сорняки этого семейства высокочувствительны к гербицидам группы 2,4-Д и легко ими уничтожаются.

Подмаренник цепкий — *Galium aparine* L. Шероховатое и цепкое из-за многочисленных шипиков растение. Вызывает полегание хлебов. Отличается слаборазвитым корнем, слабым хрупким стеблем. Размножается семенами, каждое растение дает до 1 тыс. и более семян, которые лучше прорастают после перезимовки. Всхожесть семян сохраняется до 5 лет. Растение обладает высокой экологической пластичностью, удобрения усиливают рост и ветвление сорняка. При своевременной обработке почвы засоренность снижается. Сорняк обладает определенной устойчивостью к гербицидам 2,4-Д и 2М-4Х. Лучшие результаты получают при использовании гербицидов на основе пропионовой кислоты.

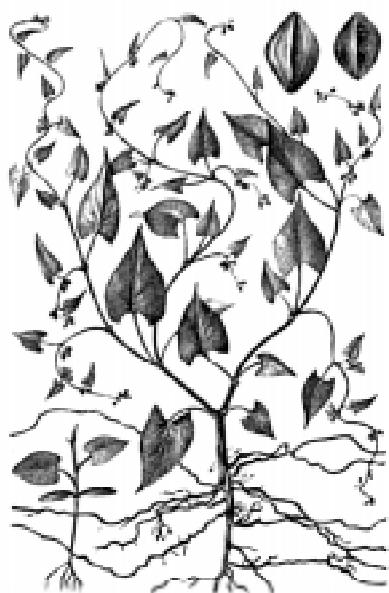


Рис. 16. Горец вьюнковый



Рис. 17. Марь белая

Марь белая — *Chenopodium album* L. (рис. 17). Встречается повсеместно, засоряет все культуры. Растение может достигать высоты 1,5 м, сильно ветвится. Хорошо развившееся растение может дать до 100 тыс. семян. Сразу после осыпания семена прорастают слабо, лучше прорастают с глубины 0,3—0,5 см. Обильно всходят при высоких положительных температурах. Большая часть семян, проходя через кишечник животных, не теряет всхожести.

Пикульник красивый, или заметный, — *Galeopsis speciosa* Mill. (рис. 18). Распространен на всей европейской части России. Ранний яровой сорняк высотой 50—100 см. Цветет с конца июля до сентября. На одном растении может образоваться до 1 тыс. семян. Экологически пластичен. На удобренных полях сильно ветвится, выходит в верхний ярус и значительно угнетает культуры. Семена имеют растянутый период прорастания, всходят с глубины 1—2 см.

К ранним яровым сорнякам кроме вышеперечисленных относятся: *куколь обыкновенный*, *торица полевая*, *плевел опьяняющий*, *аксирис щирицевидный*, *лебеда раскидистая*, *синеглазка* и др.

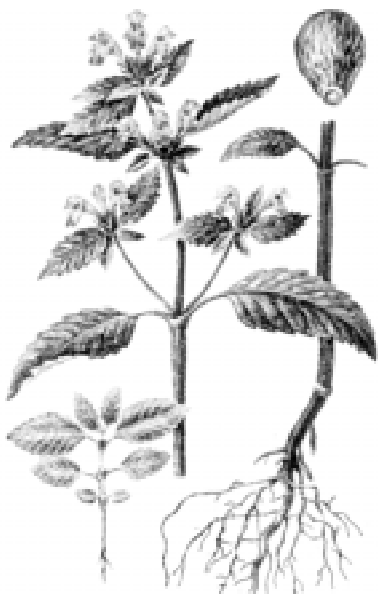


Рис. 18. Пиккульник красивый



Рис. 19. Щетинник зеленый

Яровые поздние сорные растения. Это сравнительно небольшая группа растений, характеризующихся поздним прорастанием семян при устойчивом прогревании почвы и созревающих после уборки яровых колосовых хлебов.

К ним относятся щетинники, ежовник (петушье просо), щирица, амброзия полыннолистная, паслен колючий и др.

Щетинник (мышей) зеленый — *Setaria viridis* (L.) Beauv. (рис. 19). Широко распространен во многих зонах страны, вредоносный и злостный сорняк большинства культур, особенно проса и пропашных. Высота растения 20—100 см. В начальные периоды растет медленно. Одно растение дает до 7 тыс. зерновок. Семена прорастают при температуре почвы 15 °С и более. В почве они могут сохранять жизнеспособность 7—10 лет.

В посевах сельскохозяйственных культур кроме щетинника зеленого распространен *щетинник сизый*, который отличается антоциановой (фиолетовой) окраской некоторых частей растения.

Ежовник (петушье просо, куриное просо) — *Echinochloa crusgalli* (L.) Roem. (рис. 20). Распространен повсеместно, за исключением Крайнего Севера. На плодородных влажных и рыхлых почвах

сильно разрастается и образует мощный куст высотой до 1,8 м. Цветет с июня до сентября, образуя на одном растении до 15 тыс. семян. В год осыпания зерновки не прорастают. После переделки всходы начинают появляться при прогревании почвы до 20—30 °С. Оптимальная глубина прорастания 1—2 см. Жизнеспособность семян в почве сохраняется 5 лет и более. Опаснейший сорняк орошаемых полей. Наиболее эффективные меры борьбы с ежовником и щетинниками — механические: лущение жнивья после уборки, тщательный уход за пропашными; хорошие результаты получают при послойной обработке чистых паров (см. главу «Севообороты»).

Щирица запрокинутая — *Amaranthus retroflexus* L. (рис. 21). Произрастает повсеместно. Засоряет все культуры, но особенно сильно пропашные и овощные.

Обладает огромной плодовитостью — на одном растении может образоваться 500 тыс. семян. Семена прорастают быстрее при температуре выше 20 °С, всхожесть сохраняют в почве до 10 лет. В южных районах нашей страны кроме щирицы запрокинутой распространена щирица белая. Чтобы успешно бороться с щирицей, нельзя допускать ее обсеменения.



Рис. 20. Ежовник обыкновенный, просо куриное



Рис. 21. Щирица запрокинутая

Курай (перекати-поле) — Salsola ruthenica. Распространен в степной, сухостепной и полупустынной зонах страны. Имеет шарообразную, кустистую форму, высотой до 1 м. При сильном ветре отламывается от корня и, гонимый им, перекатывается по полю в виде клубка, рассеивая семена. На одном растении может образоваться до 200 тыс. семян. Всхожесть сохраняется 2 года. Курай может расти на засоленных почвах, из-за чего его часто называют солянкой. В борьбе с кураем высокоэффективно послеуборочное лущение.

Амброзия полыннолистная — Ambrosia artemisiifolia L. Карантинный сорняк, завезена из США. Широко распространена в Ставропольском, Краснодарском краях, на Кавказе, а также в Приморском крае. Засоряет посевы сельскохозяйственных культур и другие угодья. Растение высокое (1,5—2,5 м), сильно ветвится (25—50 ветвей), покрыто волосками, отчего кажется серым. Сорняк похож на полынь, стержневой корень его проникает на глубину до 4 м. Отличается большой жизнеспособностью, отрастает после многократного скашивания в результате нового побегообразования. Созревает после уборки зерновых культур, образуя огромное количество семян, которые прорастают после перезимовки с глубины до 6 см. Период появления всходов растянут. Сорняк вреден не только для растений, но и для людей: во время цветения его пыльца вызывает сенную лихорадку. Из механических мер борьбы с ним следует отметить использование чистого пара (засоренность почвы сокращается до 70—80 %). Амброзия чувствительна к некоторым гербицидам. В последние годы успешно проводят борьбу с помощью амброзиевого листоеда.

Паслен колючий (клювовидный) — Solanum rostratum Dun. Карантинный поздний яровой сорняк, распространен в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях, очагами на Кавказе. Засоряет все культуры, особенно вредоносен и опасен для многолетних трав. Растение мощное, высотой до 1,5 м, покрыто длинными колючками. На одном растении образуется от 10 тыс. до 50 тыс. семян. Жизнеспособность их в почве сохраняется до 10 лет. Всходы появляются при температуре почвы 16—18 °С. Для очистки семян применяют электромагнитную сортировку. Паслен колючий вызывает вирусные болезни картофеля и томата, служит кормовым растением для вредителя картофеля — колорадского жука. В посевах большинства культур паслен колючий можно легко уничтожить гербицидами.

Зимующие сорняки. Это растения, имеющие двоякий ритм роста и развития. Семена их могут прорасти и давать всходы как рано весной, так и поздно осенью. При ранних весенних всходах они заканчивают цикл роста и развития в этом же году, а при поздних (осенних) всходах способны зимовать в любой фазе

роста. Семена, проросшие осенью, дают растения с сильно развитой прикорневой розеткой листьев, после перезимовки в следующем году заканчивают вегетацию и довольно рано обсеменяются.

Василек синий, или *посевной*, — *Centaurea cyanus* L. (рис. 22). Распространен широко, сильно засоряет озимые и многолетние травы.

Растение с прямым или ветвистым стеблем, высотой 75—100 см. Цветки синие. На одном растении может образоваться от 1 тыс. до 7 тыс. семян. Всхожесть их в почве сохраняется до 3 лет. Семена василька синего, заделанные в почву глубже 5 см, не прорастают, поэтому глубокая обработка почвы способствует очищению полей.

Трехреберник непахучий (*ромашка непахучая*) — *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (рис. 23). Широко распространен в европейской части нашей страны, реже в Сибири и на Дальнем Востоке. Засоряет луга, многолетние травы, озимые и пропашные культуры. При скашивании вновь отрастает и повторно цветет. Стебли высотой 60—120 см. Размножается семенами, в почве они сохраняют всхожесть 6 лет. Массовое засорение полей наблюдается при нарушении севооборотов и при плохой обработке почвы.

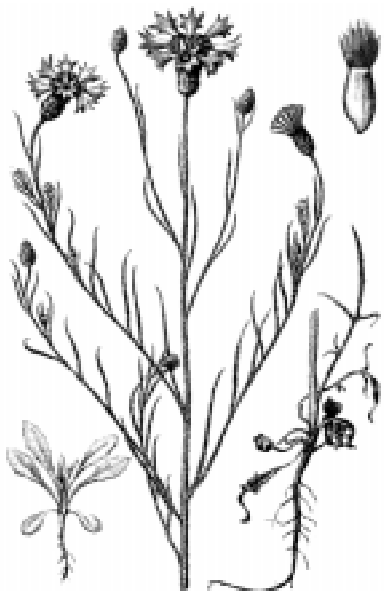


Рис. 22. Василек синий

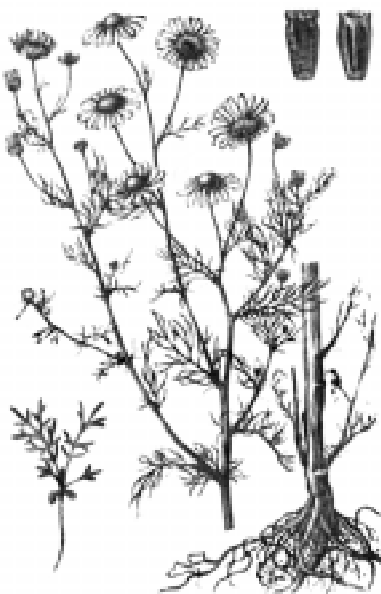


Рис. 23. Трехреберник непахучий,
ромашка непахучая

Пастушья сумка обыкновенная — *Capsella bursa-pastoris* (L.) (рис. 24). Встречается повсеместно, засоряет все культуры, особенно изреженные посевы озимых и многолетних трав. В благоприятные годы дает 2—3 поколения. С пастушьей сумкой сходна *ярутка полевая*. Существенно различаются они формой плода: у пастушьей сумки стручок клиновидной формы, у ярутки — плоский, круглый, с крылатым окаймлением. Оба сорняка размножаются семенами, численность которых на одном растении до 70 тыс. Прорастают они с глубины 2—3 см. При соблюдении агротехники сорняки легко уничтожаются.

Дескурация Софии — *Descurainia sophia* (L.). Распространена повсеместно, особенно в южных районах. Сорняк очень плодовитый — на одном растении от 6 тыс. до 800 тыс. семян. Засоряет озимую пшеницу, яровые зерновые, пропашные, многолетние травы. Изреженные посевы зарастают сорняком сплошь. Семена мелкие, прорастают с небольшой глубины. Жизнеспособность сохраняется 4—5 лет.

К числу зимующих сорняков относятся также *гулявник стручатый*, *гулявник Лезеля*, или *волосистый*, *клоповник*, борьба с кото-



Рис. 24. Пастушья сумка обыкновенная



Рис. 25. Метлица обыкновенная

рыми при правильной системе обработки почвы и уходе за посевами не представляет особых трудностей.

Озимые сорные растения. Эти растения нуждаются для развития в пониженных температурах зимнего периода независимо от срока прорастания.

Из озимых широко распространены специализированные сорняки озимой ржи и пшеницы: кострец ржаной, кострец полевой и метла полевая (метлица).

Кострец ржаной — *Bromus secalinus* L. Распространен в лесной и лесостепной зонах. В год прорастания образует хорошо развитый куст, достигающий на следующий год высоты 1 м. Зерновки похожи на семена ржи, поэтому трудноотделимы, хорошо всходят с глубины 2—3 см. Отдельные всходы могут появляться с глубины до 12 см. Жизнеспособность сохраняется до 2 лет. Засорение усиливается во влажные годы и в пониженных сырых местах.

Метлица обыкновенная (метла), полевая — *Apera spica venti* (L.) (рис. 25). Распространена в увлажненной зоне нашей страны.

В годы с повышенной влажностью появляется в массовом количестве. Засоряет озимые. Семена мелкие, хорошо отделяются от культурных. Хорошо кустится, достигая высоты 1 м. Одно растение образует до 20 тыс. семян, которые прорастают осенью и весной с поверхности влажной почвы. Жизнеспособность сохраняется 7 лет.

В успешной борьбе с озимыми сорняками большую роль играют правильное чередование культур и тщательная очистка семян. Из химических средств наиболее эффективны ковбой супер, диален, секатор, которыми опрыскивают озимые осенью.

Двулетние сорняки. Это растения, для развития которых требуется два полных вегетационных периода. В первый год жизни они образуют большую корневую систему и накапливают в ней пластические вещества, которые на второй год растения используют для дальнейшего развития и плодоношения.

К двулетним сорным растениям относятся донник белый, донник лекарственный, липучка обыкновенная, свербига восточная, белена черная, чертополох курчавый и др.

Донник белый — *Melilotus albus* Desr. Достигает высоты 1,5 м и сильно заглушает культурные растения. Засоряет озимые и яровые хлеба, многолетние травы. Встречается повсеместно, засухоустойчив. Жизнеспособность семян очень высокая и может сохраняться десятки лет. Плодовитость достигает 10—15 тыс. семян на одно растение. По биологическим признакам к доннику белому близок *донник желтый*.

Белена черная — *Hyoscyamus niger* L. Специализированный сорняк мака. Все части его ядовиты. Особенно мощно развивается на орошаемых землях. Семена хорошо прорастают с глубины до 1 см. Одно растение дает 450 тыс. семян.

Чертополох курчавый — *Carduus crispus* L. Образует крупные колючие кусты высотой до 1,5 м. Засоряет луга, посевы, кустарники. Семена снабжены летучками, поэтому легко переносятся ветром. Широко распространен в Центрально-Черноземной зоне.

Свербига восточная — *Bunias orientalis* L. Распространена повсеместно, особенно в Крыму и на Кавказе. Засоряет луга, пастбища, посевы. Размножается семенами и частями корней. В год созревания семена не прорастают, после перезимовки дают всходы с глубины до 7 см.

Многолетние сорные растения. Наиболее злостные и трудноискоренимые — многолетние сорняки, большинство из которых кроме многократного плодоношения и распространения семенами размножается корневищами, корневыми отпрысками, луковицами и т. д. Многолетние сорняки подразделяют на стержнекорневые, мочковатокорневые, луковичные, клубневые, ползучие, корневищные и корнеотпрысковые.

Стержнекорневые сорняки. Это растения с удлинённым и утолщённым главным корнем и ограниченным вегетативным размножением. К ним относятся: полынь горькая, цикорий обыкновенный, одуванчик лекарственный, щавель кислый и др.

Одуванчик лекарственный — *Taraxacum officinale* Wigg. (рис. 26). Распространен повсеместно, особенно в европейской части России. Засоряет луга, пастбища, сады, поля. Растение высотой 5—50 см. Зацветает очень рано, на одном растении может образоваться до 7 тыс. семян, снабженных летучками и способных перемещаться на большие расстояния.

Полынь горькая — *Artemisia absinthium* L. Распространена на всей европейской части страны. Кустообразное растение высотой 40—120 см, имеет специфический запах. Очень живуча. Одно растение может дать до 100 тыс. семян. Жизнеспособность их 2—7 лет. Прорастают семена с небольшой глубины — до 5 см.

Из механических мер особое значение в борьбе со стержнекорневыми сорняками имеют глубокие обработки почвы, систематическое подрезание и удаление розеток, подкашивание.

Мочковатокорневые сорные растения. Это многолетние растения с мощно развитыми нитевидными корнями. Размножаются чаще семенами, но могут давать поросль и от отрезков своих корней при подрезании их на небольшой глубине. К ним относятся лютик едкий, подорожник большой и др.

Лютик едкий — *Ranunculus acer* L. Ядовитый сорняк сырых лугов и лесов, высотой 30—100 см. На одном растении может образоваться до 1 тыс. семян. При попадании в корм вызывает отравление животных.

Подорожник большой — *Plantago major* L. (рис. 27). Распространен повсеместно, высота 5—40 см. Засоряет луга, пастбища, мно-

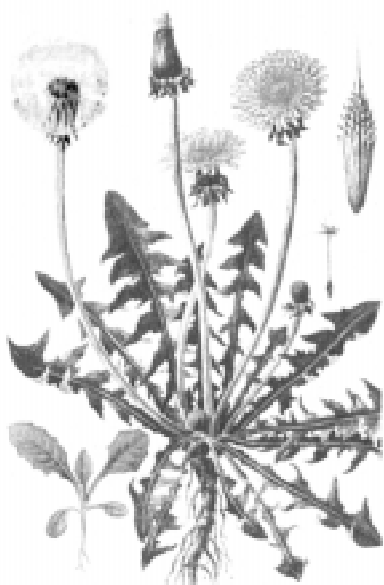


Рис. 26. Одуванчик лекарственный

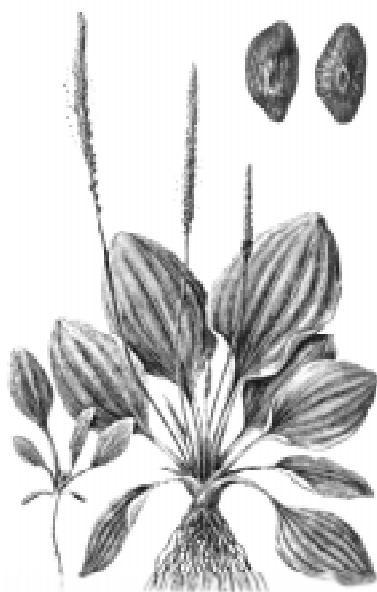


Рис. 27. Подорожник большой

голетние травы. Плодовитость одного растения может достигать 60 тыс. семян. Всхожесть их высокая, жизнеспособность сохраняется до 7 лет. Прорастает с поверхности почвы. С глубины 2—3 см семена не дают всходов.

Мочковатокорневые сорняки на полях легко уничтожаются обычными приемами обработки почвы.

Ползучие сорные растения. Многолетние растения, размножаются стеблевыми побегами (усы, плети и т. д.), стелющимися по земле. К ним относятся: *лютик ползучий* (*Ranunculus repens* L.), *лапчатка гусиная* (*Rotentilla anserine* L.), *будра плющевидная* (*Glechoma hederaceae* L.) и др.

Ползучие сорные растения по мере роста укореняются в узлах и образуют розетки листьев, которые зимуют, а в следующем году развиваются как самостоятельные растения.

Своевременная и правильная обработка почвы, особенно лущение и глубокая обработка, — эффективное средство уничтожения этих сорняков.

Клубневые и луковичные сорные растения. К ним относятся *чистец болотный* (*Stachus palustris* L.), *лук круглый* (*Allium rotundum* L.) и др.

Клубневые сорные растения образуют на корнях или подземных стеблях утолщения, содержащие много питательных веществ и дающие после перезимовки начало новому растению. Семена в почве долго сохраняются и медленно прорастают.

Луковичные сорные растения размножаются семенами, а также луковичками, образующимися в нижней части стебля у основания материнской луковицы.

Корневищные сорные растения. Многолетние растения, размножающиеся преимущественно вегетативно подземными стеблями (корневищами). Запасов питательных веществ в корневище больше, чем в корне. В связи с этим корневищные сорняки злостные и трудноискоренимые. Наиболее распространены пырей ползучий, хвощ полевой, гумай, свинорой, софора лисохвостная, мать-и-мачеха обыкновенная.

Пырей ползучий — *Agropyrum repens* (L.) (рис. 28). Распространенный злостный сорняк высотой 40—130 см. При сильном развитии он вытесняет всю другую растительность. Размножается в основном вегетативно — корневищами, размножение семенами имеет второстепенное значение.



Рис. 28. Пырей ползучий

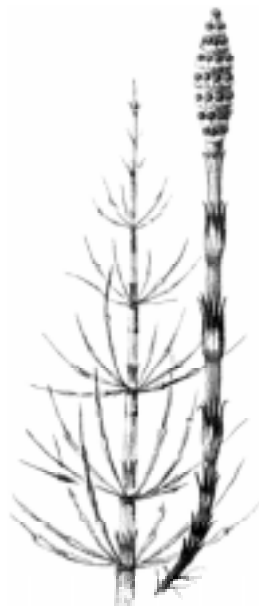


Рис. 29. Хвощ полевой

Корневища (подземные стебли) при сильном засорении могут достигать в длину нескольких метров, основная их масса залегает на глубине 10—12 см. Почки возобновления прорастают на протяжении всего теплого периода. Пырей сильно иссушает и истощает почву, затрудняет ее обработку, увеличивая тяговое сопротивление почвообрабатывающих орудий.

Для борьбы с пыреем ползучим применяют *метод удушения*, разработанный В. Р. Вильямсом, который включает лущение поля дисковыми орудиями в перекрестном направлении на глубину залегания основной массы корневищ вслед за уборкой культуры. После появления проростков проводят глубокую вспашку. Для уничтожения пырея используют гербициды глифосат, раундап.

Хвощ полевой — *Equisetum arvense* L. (рис. 29). Широко распространен в Нечерноземной зоне. Засоряет все сельскохозяйственные культуры, злостный сорняк. Размножается спорами и корневищами. Последние проникают в глубь почвы на несколько метров. Могут отрастать с глубины 30—50 см, что затрудняет их уничтожение. К механическим мерам борьбы с этим сорняком относится *метод истощения*, который основан на глубоком подрезании корневищ.

Гумай (сорго аленпское) — *Sorghum halepense* (L.) Pees. (рис. 30). Специализированный сорняк, встречается в южных районах страны. Отличается мощным развитием, достигая высоты 2,5 м. Размножается корневищами и семенами. Очень вредоносный и злостный.

Свиной пальчатый (бермудская трава) — *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Теплолюбивое растение. Засоряет все культуры. Размножается корневищами, которые достигают большой толщины и залегают в почве на глубине до 25 см. На одном растении образуется до нескольких тысяч семян. В районах распространения свиной для борьбы с ним применяют осеннее лущение на глубину 13—15 см с последующим вычесыванием корневищ пружинными культиваторами.

К группе корневищных сорняков относятся также *мать-и-мачеха*, *тростник обыкновенный*, *тысячелистник*, *сныть* и др.

Борьбу с корневищными сорняками проводят при помощи глубоких обработок и последующих многократных подрезаний по мере появления всходов. Эффективны химические препараты в комплексе с другими мерами.

Корнеотпрысковые сорняки. Многолетние растения, размножаются преимущественно корнями, дающими отпрыски, которые в течение всего вегетационного периода образуются из почек, заложенных на корнях. В короткий срок от одного растения образуется большое количество молодой поросли, которая сильно угнетает культурные растения.



Рис. 30. Сорго алеппское

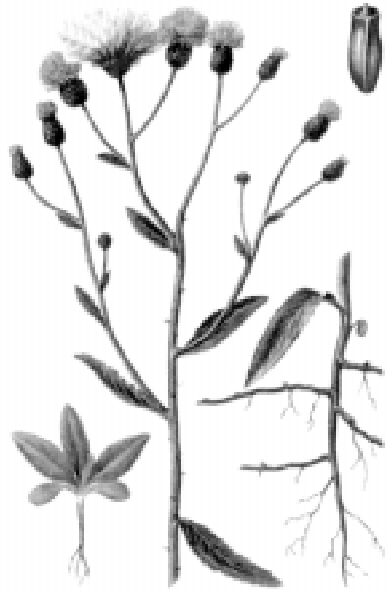


Рис. 31. Бодяк полевой

Главнейшие представители корнеотпрысковых сорняков: бодяк полевой, осот полевой, вьюнок полевой, горчак ползучий.

Бодяк полевой, или *осот розовый*, — *Cirsium arvense* (L.) Scop. (рис. 31). Злостный сорняк всех сельскохозяйственных культур. Распространен повсеместно. Имеет колючие листья, мощную корневую систему, уходящую в почву на глубину до 5 м. На различной глубине от поверхности почвы корень дает горизонтальные ответвления с почками, из которых образуется много новых побегов.

Основное количество почек (до 87 %), способных дать надземные побеги, находится на корнях в слое почвы 6—20 см. Кроме того, на одном растении образуется от 5 тыс. до 35 тыс. семян. Всхожесть их высокая, жизнеспособность в почве сохраняется 3—5 лет.

Осот полевой, или *желтый*, — *Sonchus arvensis* L. По биологическим особенностям сходен с бодяком полевым, но отличается от него более поверхностным расположением корневой системы. Главный корень углубляется в почву на расстояние не более 50 см, а корни размножения находятся преимущественно в пахотном

слое. На одном растении может образоваться до 20 тыс. семян, которые хорошо прорастают во влажной и прогретой почве. Жизнеспособность их в почве до 5 лет. У осота полевого цветки желтые. В отличие от осота розового растение более нежное, без колючек.

Вьюнок полевой (березка) — *Convolvulus arvensis* L. (рис. 32). Растение с вьющимися стеблями длиной до 2 м, главный корень уходит в почву на глубину 1,5—2,0 м, образуя множество побегов. Вьюнок полевой распространен повсеместно. Злостный сорняк. Засоряет все культуры, обвивая стебли и вызывая полегание, что сильно затрудняет механизированную уборку.

Горчак ползучий — *Acroptilon repens* (L.) (рис. 33). Корнеотпрысковый карантинный сорняк. Распространен в южных районах страны. Растение высокое, густооблиственное, слегка опушенное. При сильном засорении может полностью вытеснить и подавлять культурные растения.

Борьба с корнеотпрысковыми сорняками направлена на истощение их корневой системы путем многократного подрезания.

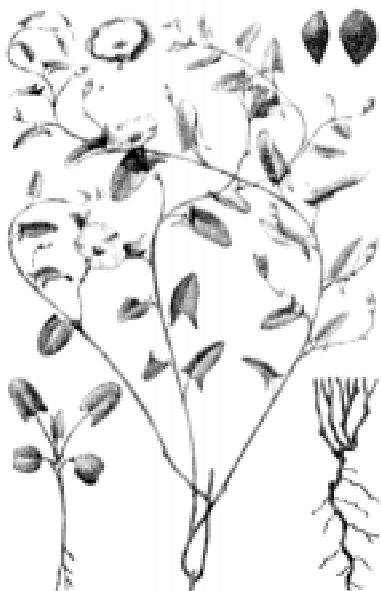


Рис. 32. Вьюнок полевой



Рис. 33. Горчак ползучий

Паразитные сорняки. Это растения, в основном не имеющие зеленых листьев. Они утратили способность к фотосинтезу и питаются за счет растения-хозяина. Однако среди паразитных сорняков встречаются растения с зелеными листьями, обладающие способностью к фотосинтезу. Их называют *полупаразитами*.

Паразитируют сорняки, присасываясь к стеблям или корням как на культурных растениях (клевер, люцерна, лен, конопля, подсолнечник, томат и т. д.), так и на сорняках (полынь, трехрешник непахучий и др.).

Главные представители стеблевых паразитов — различные виды повилик (клеверная, равнинная, льняная и др.). Корневые паразиты — заразихи подсолнечная, ветвистая, желтая. Из полупаразитных сорняков наиболее широко распространен погребок весенний, или большой.

Повилка клеверная — *Cuscuta trifolii* Babingt (рис. 34). Паразитное сорное растение, развивающееся в нижней или средней части растения-хозяина. Поражает клевер, люцерну, вику, лен, картофель и др. Размножается семенами, которые хорошо прорастают при температуре 18 °С. Семена сохраняют жизнеспособность до 4—5 лет. Всходы появляются с глубины до 4 см. Не имеет корней

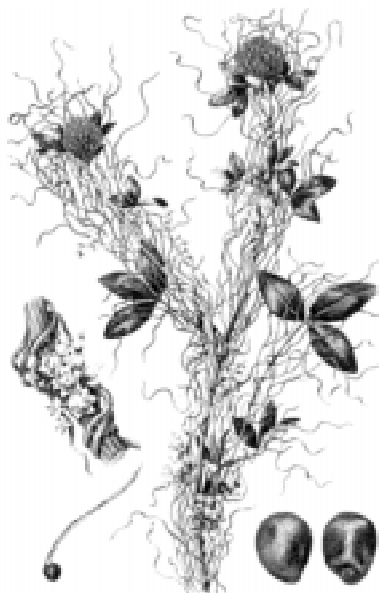


Рис. 34. Повилка клеверная

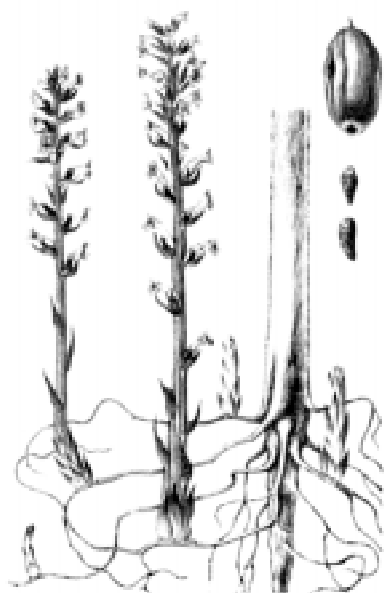


Рис. 35. Заразиха подсолнечная

и зеленых листьев. Сорняк обвивает стебель растения-хозяина и прикрепляется к нему присосками. Стебли повилки тонкие, нитевидные, ветвистые, красные. Цветки мелкие, желтовато-белые. Другие виды повилки имеют сходный характер роста и развития.

Все повилки — карантинные сорняки, они встречаются во всех странах мира, имеют ограниченное распространение на территории нашей страны ввиду строгих карантинных мероприятий.

При обнаружении повилки для их уничтожения необходимы выкашивание, сжигание, применение гербицидов.

Заразиха подсолнечная — *Orobanche cunana* Wallr. (рис. 35). Корневой паразит, развивающийся на корнях подсолнечника, табака, томата и др. Злостный сорняк. Бесхлорофилльное травянистое растение. Стебель тонкий, у основания утолщен, высотой 30—40 см. На одном растении может образоваться до 100 тыс. семян. Всходы сорняка появляются на 40—65-й день после всходов подсолнечника. Заразихи засоряют в основном почву. Основное средство борьбы с заразихами — отказ от посева поражаемых культур. В севообороте подсолнечник следует возвращать на прежнее место не ранее чем через 6—7 лет.

Погремок весенний, или *большой*, — *Rhinanthus vernalis* Ehrh. Полупаразитное сорное растение. Засоряет озимую рожь, присасываясь к ее корням. Семена хорошо прорастают после перезимовки. Одно растение может образовать до 450 семян. Жизнеспособность сохраняется 1—2 года.

Для борьбы с полупаразитными сорняками важное значение имеют тщательная очистка посевного материала и соблюдение севооборотов.

2.3.6. МЕРЫ БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

В основе борьбы с сорными растениями лежат своевременность и высокое качество проведения всех сельскохозяйственных работ, а также строгое соблюдение севооборотов, что способствует созданию благоприятных условий для роста и развития культурных растений. Чем лучше и быстрее растут и развиваются культуры, занимая всю площадь, тем сильнее воздействуют они на сорняки и подавляют их.

На основе знаний о видовом составе широко распространенных и наиболее вредоносных сорных растений в хозяйстве специалисты разрабатывают комплексный план эффективных мероприятий по уничтожению сорняков на длительный период. В него входят истребление растущих сорняков, очистка почвы от семян и вегетативных зачатков, предотвращение заноса на поля. Это долж-

но осуществляться на основе системного подхода к решению данной проблемы в условиях полного освоения системы земледелия в хозяйстве.

Еще В. Р. Вильямс отмечал, что борьба с сорняками должна иметь характер системы, основанной на главных биологических свойствах сорных растений, в противном случае все сведется к бессистемной кустарщине.

Интегрированная система борьбы с сорняками представляет собой научно обоснованное применение биологических, агротехнических, химических, физических, комплексных и других методов защиты культурных растений от сорняков, направленное на регулирование численности последних до хозяйственно безвредного уровня. Современная система интегрированной борьбы с сорняками регламентируется установлением и соблюдением экономических порогов вредности (хозяйственного ущерба) и знанием прогноза появления, развития сорняков в конкретных условиях каждого поля. Эти задачи решают с помощью *предупредительных* и *истребительных мер*. Для этих целей проводят учет и картографирование засоренности.

Учет засоренности полей и картографирование засоренности. Успешную борьбу с сорняками можно вести при планомерном систематическом обследовании сельскохозяйственных угодий и составлении карт засоренности.

Засоренность полей зависит от почвенных и метеорологических условий, высеваемой культуры, систем обработки почвы, удобрения, приемов агротехники и т. д. Поэтому засоренность надо учитывать ежегодно. Анализ полученных по годам данных и их сопоставление позволяют выявить лучшие приемы уничтожения сорняков в конкретных условиях.

Для прогнозов необходимо точно знать видовой состав сорняков, их распространение на территории хозяйства, потенциальную засоренность семенами и вегетативными зачатками. Систематическое наблюдение и учет засоренности дают материал для составления прогноза. Прогноз количества всходов сорняков в течение вегетационного периода может быть двух видов: *заблаговременный* и *оперативный*.

Заблаговременный прогноз разрабатывают, опираясь на данные потенциальной засоренности 10-сантиметрового слоя и количества всходов сорняков ранней весной до посева культуры. Для уточнения используют данные *оперативного прогноза* появления всходов сорняков, учитывая прогноз и состояние погодных условий. Есть несколько периодов появления всходов сорных растений, но их максимум приходится, как правило, на май—июнь. Поэтому, зная гидротермические условия этого периода и запас всхожих семян сорняков, можно определить ожидаемое обилие

основных всходов сорняков в текущем году. Прогноз засоренности составляют на несколько лет вперед или на ротацию севооборота. Для оценки засоренности используют показатели обилия (численность, масса, объем, проективное покрытие), а также встречаемость и ярусность сорняков в посевах.

Численность сорняков — это число их (стеблей), приходящихся на единицу площади. Обычно данный показатель выражают числом растений на квадратный метр. Для этих целей используют рамки различных размеров, м²: 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0. При учете сорняков их накладывают на почву в посевах и подсчитывают отдельно по видам или биологическим группам.

Массу сорных растений выражают на единицу площади, чаще всего в граммах на квадратный метр. Ее можно характеризовать как сырую, абсолютно сухую, воздушно-сухую.

Объем выражает соотношения, занимаемые надземными частями растений (культурными и отдельными видами сорняков).

Проективное покрытие — доля поверхности почвы, занимаемая горизонтальной проекцией надземных частей растений, выраженная в процентах.

Встречаемость — частота присутствия вида сорняка на учетных площадках по отношению к их общему количеству.

Ярусность — распределение сорняков по отношению к высоте культурных растений.

При учете засоренности полей наиболее часто используют глазомерные (визуальные) и количественно-весовой методы.

Глазомерные методы учета засоренности полевых культур. Известно несколько таких методов: глазомерно-численный метод А. И. Мальцева, глазомерно-проективный метод Н. Ф. Комарова — В. В. Алехина, глазомерно-комбинированный метод НИИСХ Юго-Востока и др.

Наибольшее распространение получил метод А. И. Мальцева. В основе его лежит оценка обилия сорняков в сравнении с густотой стеблестоя сельскохозяйственных культур.

Засоренность поля по этому методу выражают по шкале в баллах (табл. 10).

10. Шкала ступеней обилия сорняков

Балл	Характеристика соотношений культурных и сорных растений	Степень засоренности
1	В посевах встречаются единичные сорняки	Слабая
2	Сорняки в посевах встречаются в незначительном количестве и обычно теряются среди массы культурных растений	Средняя
3	Сорняков в посевах много, но культурные растения преобладают	Сильная
4	Сорняки преобладают над культурными растениями, глушат их	Очень сильная

Глазомерный учет засоренности используют в производственных условиях на больших площадях. С 1982 г. утверждены и применяются единые для всей страны методика определения засоренности сельскохозяйственных угодий и методика картографирования сорно-полевой растительности по элементам прогноза.

Техника определения засоренности сельскохозяйственных угодий включает основное сплошное и оперативное обследования.

Основное сплошное обследование. Каждое поле и участок проходят по наибольшей диагонали и через примерно равные расстояния накладывают рамку размером 50×50 см ($0,25$ м²): на полях и участках площадью до 50 га в 10 точек, от 50 до 100 га в 15 и площадью 100 га и более в 20 точках. Внутри рамок подсчитывают количество сорных растений каждого вида, результаты заносят в учетный лист засоренности поля или участка (см. форму).

Форма

Учетный лист засоренности поля, участка

Хозяйство _____	Культура, сорт _____
Отделение (бригада) _____	Фаза развития _____
Севооборот _____	Густота (нормальная, изреженная) _____
Поле (участок) _____	Предшественник _____
Площадь, га _____	Удобрение (вид, доза внесения) _____
Почва (тип, гранулометрический состав, содержание гумуса) _____	Почвенные гербициды в год учета (препарат, норма расхода, время обработки) _____
Обработка почвы (отвальная, безотвальная, минимальная) _____	Дата учета (число, месяц, год) _____

Шифр сорняка	Вид сорняка	Численность сорняков на рамку 0,25 м ²						Сумма	Среднее		Прочие виды
		1	2	3	и т. д.	19	20		на рамку 0,25 м ² *	засоренность всеми видами на 1 м ² **	

* Сумму разделить на количество положенных рамок.

** Показатель на рамку 0,25 м² умножить на 4.

Должность _____
 Ф.И.О. исследователя _____ Подпись _____

При обследовании посевов учитывают все виды сорняков. Сорняки, не попавшие в учетные рамки, но имеющиеся на поле, особенно вредоносные и карантинные, также фиксируют. Каждый

вид записывают отдельной строкой. Неизвестные обследователю сорняки заносят в графу «Прочие виды».

Результаты первичного учета засоренности поля переносят из формы по культурам в сводную форму по хозяйству. Обследованные площади группируют по степени засоренности (количеству сорняков на 1 м²): до 5; 6—15; 16—50; 51—100 и более 100.

Ведомости первичного учета засоренности по каждому полю хранятся у главного агронома хозяйства не менее 10 лет и служат источником информации о динамике засоренности полей.

Хозяйства представляют сводную форму в районные (межрайонные) станции защиты растений.

Материалы основного обследования используют для разработки интегрированных мер борьбы с сорняками и заказа гербицидов. Районные объединения по защите растений выделяют и представляют гербициды хозяйствам только при наличии ведомости учета засоренности полей.

Оперативное обследование. Перед началом работ по борьбе с сорняками в хозяйствах проводят визуальное оперативное обследование засоренности полей в следующие сроки: яровых зерновых и риса — в фазе начала кушения; озимых зерновых — в конце осенней вегетации и весной после отрастания; кукурузы — в фазе 2—3 листьев; зерновых бобовых — при высоте растений до 8 см; льна-долгунца — в фазе «елочки»; суданской травы, могоара — в фазе кушения; пропашных культур — перед междурядными обработками; многолетних трав — до фазы кушения злаковых, в фазе первого тройчатого листа или отрастания бобового компонента; чистых паров и необработанных земель — при массовом появлении сорняков; в плодово-ягодных насаждениях — перед первой обработкой междурядий.

По результатам оперативного обследования уточняют видовой состав, площади сельскохозяйственных угодий для обработки гербицидами или для борьбы другими методами.

Количественно-весовой метод учета засоренности посевов. Этот метод сравнительно трудоемок и используется в основном в научно-исследовательской работе. Техника его проведения заключается в наложении на обследуемое поле или делянке определенного количества рамок, в которых подсчитывают число сорных растений и определяют их массу (сырую и сухую).

Картографирование. По результатам обследования составляют карту засоренности сельскохозяйственных угодий. Она позволяет эффективно использовать результаты обследований для разработки и применения системы комплексных мер борьбы с сорняками в полях севооборотов и на других сельскохозяйственных угодьях. На карте указывают основные биологические группы

и видовой состав сорняков, что помогает рационально планировать и применять систему мер борьбы одновременно с несколькими видами сорняков.

Отражение на карте основных сорных растений в пределах биогруппы позволяет прогнозировать появление их в посевах в последующие годы, подбирать специальные приемы механической борьбы с ними, разрабатывать и применять эффективную систему гербицидов в севообороте.

Биологические группы сорных растений	Виды сорных растений	
	Многолетние	Малолетние
Малолетние 	Б — бодяк полевой В — вьюнок полевой Л — лютик ползучий	В — василек синий Г — горцы Д — дивала однолетняя
Корнеотпрысковые 	Ле — лютик едкий Ло — льянка обыкновенная	Н — незабудка обыкновенная М — марь белая
Корневишные 	О — осот полевой Ол — одуванчик лекарственный	Мп — метелица полевая Мз — мокрица-звездчатка
Клубневые, луковичные 	П' — пырей ползучий Пб — подорожник большой	О — овсюг обыкновенный П — пикульники Пс — пастушья сумка
Ползучие 	М — мать-и-мачеха С — сурепка обыкновенная	Р — редька дикая С — сушеница болотная Т — торица, торичник
Стержнекорневые 	Т — тысячелистник Х — хвощ полевой	Тн — трехреберник непашучий
Мочковатокорневые 	Ч — чистец болотный Щ — щавель малый	Ф — фиалка полевая Я — ярутка полевая



Рис. 36. Условные обозначения уровня и характера засоренности озимой пшеницы

После обработки данных ведомостей по каждому полю приступают к составлению карты. Все виды сорняков, выявленные при обследовании, распределяют по биологическим группам: малолетние и многолетние. Из многолетних выделяют корнеотпрысковые, корневищные, клубневые и луковичные, ползучие, стержнекорневые, мочковатокорневые. Условные и буквенные обозначения к карте, а также пример засоренности поля озимой пшеницы приведены на рисунке 36.

На карте в границах поля вычерчивают концентрические круги диаметром 2 и 4,5 см. В центральном круге записывают год обследования и наименование культуры. Внешний круг делят на сектора пропорционально числу биологических групп с учетом численности видов сорных растений. В секторах каждой биогруппы согласно условным обозначениям записывают основные виды сорняков.

Учет засоренности почвы семенами и вегетативными зачатками сорняков. Заключается в отборе почвенных образцов, выделении семян сорняков из почвы и определении их видового состава.

Для определения потенциального запаса семян сорняков используют буры конструкции Шевелева и Калентьева (рис. 37), которые позволяют отбирать образцы почвы на различную глубину. Отобранный образец высушивают до воздушно-сухого состояния, а затем анализируют. Для этого берут навески массой 100 г или 1 кг, отмывают их от мелкозема на ситах с отверстиями ячеек 0,25 мм. Затем с помощью лупы распознают семена, сравнивая их с коллекционными на рисунках и в определителях. Когда образцы почвы проанализированы, нетрудно рассчитать запас семян на единице площади.

Для учета запаса вегетативных органов размножения сорняков используют рамки различного размера, после наложения которых почву выкапывают по слоям, разминают руками, выбирая вегетативные зачатки. Затем определяют видовой состав, количество почек возобновления, длину, массу корней и другие показатели.

Предупредительные меры борьбы с сорняками.

Направлены на применение профилактических мероприятий, которые исключают все источники и способы поступления сорняков на поля. Приводим основные из них.

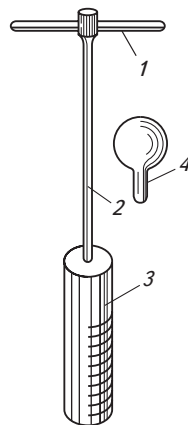


Рис. 37. Бур Калентьева:

1 — рукоятка; 2 — штанга; 3 — цилиндр; 4 — круглый нож

Тщательная очистка посевного материала от семян сорных растений. В посевном материале чаще всего встречаются семена тех сорняков, которые по характеру поверхности, форме, размерам мало отличаются от семян культурных растений, т. е. трудноотделимы. Семенной материал, засоренный трудноотделимыми сорняками, подвергают специальной очистке. После очистки он должен соответствовать требованиям ГОСТа (ГОСТ Р 52325—2005). В соответствии с требованиями на сортовые и посевные качества семян их подразделяют на оригинальные (ОС), элитные (ЭС) и репродукционные (РС).

Борьба с сорными растениями на необрабатываемых землях. Необрабатываемые земли — обочины дорог, откосы каналов, межи, пустыри, полезащитные полосы, линии электропередачи и т. д. Следует отметить, что на 1 м² таких земель может образоваться такое количество семян сорняков, которых хватит для засорения 10 га сельскохозяйственных угодий. Чтобы снизить вероятность засорения, на необрабатываемых землях необходимо скашивать, выпалывать сорняки, уничтожая их до цветения и плодоношения.

Правильное приготовление органических удобрений. Нельзя допускать попадания на поля семян сорняков с органическими удобрениями. В навоз они поступают с подстилкой. Кроме того, семена многих сорняков, проходя через пищеварительный тракт животных, сохраняют всхожесть, поэтому рекомендуют готовить корма, в которых не было бы жизнеспособных семян сорняков. Следует косить траву на сено, силос до плодоношения сорняков, отходы и мякину запаривать, комбикорм тщательно размалывать, навоз вносить на поля в перепревшем состоянии. Семена сорняков погибают быстрее при горячем способе хранения навоза.

Противосорняковый карантин. Включает систему мероприятий по предупреждению завоза и распространению особо опасных растений из-за границы (внешний карантин) и внутри страны из зараженных районов в другие, свободные от них районы (внутренний карантин). В группу сорняков внутреннего карантина включены: амброзия полыннолистная, горчак ползучий, повилки, подсолнечник калифорнийский, паслен колючий, паслен каролинский, паслен трехцветный, цехрус малоцветковый. При обнаружении карантинных сорняков в хозяйстве применяют все эффективные средства для полного их уничтожения.

Очистка поливных вод от семян сорных растений. Для этого необходимо уничтожить сорную растительность по берегам каналов до ее плодоношения. Для извлечения из поливной воды семян сорняков устраивают запони и отстойники. Запони позволяют отводить верхний слой воды с сорняками в сто-

рону от основной массы воды. Следует помнить, что в условиях орошаемого земледелия легче предупредить попадание семян сорняков в каналы, чем удалить их из поливных вод.

К другим предупредительным мерам относятся: создание благоприятных условий для роста и развития культурных растений, возделывание районированных сортов и гибридов, посев в оптимальные сроки, своевременная и высококачественная уборка урожая. Своевременное и тщательное проведение предупредительных мероприятий в значительной мере снижает засоренность полей.

Истребительные меры борьбы с сорняками. Направлены на непосредственное уничтожение вегетирующих сорняков, их семян и вегетативных органов размножения. Истребительные меры борьбы разделяют на механические, биологические, химические и комплексные.

Механические меры. Основаны на правильной системе обработки почвы. Преимущество механических приемов состоит в том, что каждый агротехнический прием, кроме уничтожения сорняков, выполняет и другие важные задачи. При своевременной и высококачественной обработке почвы создаются благоприятные условия для накопления влаги, элементов питания.

С помощью почвообрабатывающих машин и орудий можно спровоцировать прорастание семян сорняков, а затем уничтожить появившиеся всходы. Это достигается лущением после уборки культур, которое способствует выходу семян сорняков из состояния покоя, уничтожению растущих сорняков, истощению многолетников. Для повышения эффективности приема следует лущить одновременно с уборкой культуры и через 1—2 нед проводить основную обработку почвы (*система основной обработки*).

Система основной обработки должна сочетаться с *системой предпосевной обработки*. Это совокупность приемов, проводимых незадолго до посева культур (боронование, культивация). С помощью предпосевной обработки легко уничтожают проросшие сорняки. В период роста растений применяют *систему по уходу за растениями*.

В борьбе с трудноискоренимыми многолетними сорняками разработаны специальные приемы механической борьбы — *удушение* и *истощение*. Этого достигают приемами культивации и лущения, при которых всходы сорняков подрезаются и их корни измельчаются, с последующими вспашкой и глубокой заделкой сорняков.

Один из методов борьбы с сорняками — *вычесывание* корневищ пырея ползучего пружинными культиваторами и боронами «зигзаг». Этот прием эффективен на легких почвах. Вычесанные на поверхность почвы корневища подсыхают, и почки возобновления теряют жизнеспособность. По сравнению с методом удуше-

ния метод вычесывания требует больших затрат, приводит к распылению почвы и малоэффективен на тяжелых почвах.

Большое значение в истреблении сорняков имеет *паровая обработка* (культивация, двойка) с послыйным очищением от семян сорняков и их вегетативных зачатков. На засоренных полях после посева культур борьбу с сорняками успешно осуществляют в процессе ухода за сельскохозяйственными культурами: при бороновании до всходов и после, рыхлении междурядий пропашных культур.

Биологические меры. Эти методы борьбы основаны на уничтожении сорняков с помощью специализированных насекомых, грибов, бактерий, вирусов, которые развиваются и размножаются на определенных видах растений.

Примером биологического способа служит борьба с заразихой путем использования мушки фитомизы, которая откладывает яйца в цветки заразики и резко снижает ее семенную продуктивность. Положительные результаты получены в борьбе с бодяком полевым с помощью гриба ржавченика. Его споры прорастают на сорняке и резко снижают фотосинтез, что приводит к его гибели. Разработан метод борьбы с повиликой в посевах сахарной свеклы, кенафа, люцерны и других культур с помощью гриба альтернрии. После обработки им посевов повилика погибает через 4—5 дней.

В борьбе с осотом положительные результаты дает использование личинок жука листоеда (листогрыза), которые питаются листьями этого сорняка. В южных районах нашей страны для борьбы с амброзией используют амброзиевого листоеда и совок. Гусеницы совки и амброзиевый листоед полностью уничтожают листья и генеративные органы сорняка.

Для уничтожения горчака ползучего применяют горчаковую нематоду. Весной при прорастании сорняка ее личинки проникают в пазухи листьев, стебель и образуют галлы, что ослабляет растение и вызывает его гибель.

К биологическим способам борьбы с сорняками относят повышение конкурентоспособности культурных растений по отношению к сорнякам. Это достигается при соблюдении севооборота, высоком фоне питания, возделывании промежуточных культур и т. д. Часто такие меры борьбы называют *фитоценотическими*. Они основаны на использовании более высокой конкуренции культурных растений с сорными, что позволяет подавлять рост и развитие сорняков. Такой метод известен как метод заглушения, или конкуренции, аллелопатии.

Севооборот — самое эффективное и доступное средство борьбы с сорняками. Зараженность снижается в 2—3 раза по сравнению с нарушением севооборота. При ускоренном способе посева зерно-

вых засоренность уменьшается на 20 % по сравнению с обычным рядовым посевом. Промежуточные культуры снижают засоренность последующих культур на 30—40 %.

Наука и практика доказали перспективность *экологических мер*. Их сущность в том, что целенаправленно изменяются почвенные условия за счет мелиорации, внесения удобрений и др.

Химические меры*. С помощью механических и биологических методов не всегда удастся полностью уничтожить сорняки. Машинами и орудиями невозможно ликвидировать сорняки в рядках и гнездах. Мощная корневая система многолетних сорняков уходит глубоко в почву (на 3—7 м), и даже самая глубокая обработка не уничтожает их полностью. Поэтому возникает необходимость в использовании дополнительных средств борьбы. Такими средствами служат гербициды — вещества, применяемые для уничтожения нежелательной растительности. Название «*гербициды*» происходит от латинских слов *herba* — трава и *caedo* — убиваю.

Особенность химических мер борьбы с сорняками — их высокая эффективность и производительность. При незначительных затратах трудоемкие работы выполняют широкозахватными наземными машинами и с помощью авиации.

Площади, обрабатываемые гербицидами, в последнее время сокращаются из-за снижения возможности их приобретения. Однако посевы льна-долгунца, подсолнечника, сахарной свеклы, овощных культур обрабатывают гербицидами почти полностью.

Химическим способом борются с сорняками не только в посевах сельскохозяйственных культур. Гербицидами уничтожают ядовитые растения на лугах и пастбищах, ликвидируют зарастание каналов, участков несельскохозяйственного использования.

Отмечая преимущества химического способа уничтожения сорняков, необходимо помнить, что он служит одним из звеньев в общей системе приемов борьбы. Борьба с сорняками с помощью гербицидов в условиях низкой культуры земледелия, нарушения чередования культур, некачественной обработки почвы, посева некондиционных семян невозможно и бесполезно. На современном этапе к гербицидам предъявляются новые требования, они связаны с рациональным применением в сочетании с другими, нехимическими приемами. В условиях высокой культуры земледелия можно обходиться без применения гербицидов. Это называется безгербицидными технологиями возделывания культур. Такие технологии получили распространение в условиях экологизации и биологизации земледелия.

* При использовании химических средств борьбы с сорняками следует руководствоваться Списком пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Он ежегодно уточняется и дополняется.

Однако при интенсификации земледелия полностью отказаться от применения гербицидов пока невозможно. В условиях всесторонней химизации, специализированных севооборотов, минимализации обработки почвы, почвозащитных технологий гербициды сохраняют свою роль как средство повышения урожайности.

При использовании гербицидов необходимо строго соблюдать нормы, сроки, способы их применения, выполнять правила техники безопасности, а также условия, определяющие максимальный биологический и экономический эффект и обеспечивающие охрану окружающей среды и продукции от загрязнения их остатками.

По характеру воздействия на растения химические средства борьбы с сорняками разделяют на гербициды сплошного и избирательного действия.

Гербициды сплошного действия (общестребительные). Они уничтожают все виды растений (культурные и сорные). В связи с этим их целесообразно применять на необрабатываемых сильно засоренных землях. На обрабатываемых полях такие гербициды используют в периоды отсутствия культурных растений (после уборки урожая, в чистых парах, при предпосевной обработке и т. д.). Иногда их применяют направленным способом в садах, виноградниках, лесонасаждениях. К гербицидам сплошного действия относятся реглон супер, банвел, раундап и др.

Гербициды избирательного (селективного) действия. Они составляют наибольшую группу. Избирательные препараты уничтожают сорняки и не повреждают культурные растения. Избирательность гербицидов определяется анатомическими и морфологическими различиями культурных и сорных растений, химическим составом, формой и нормами препарата, фазами роста и развития растений. В основе избирательности гербицидов лежит также различная способность их к поглощению и детоксикации в растительных тканях. Избирательные препараты сильно влияют на процессы обмена веществ в растениях. Культурные растения способны преодолевать эти нарушения и разлагать гербициды на безвредные соединения. Такие нарушения в сорняках вызывают их гибель.

По характеру действия на растения избирательные гербициды подразделяются на контактные и системные (передвигающиеся). *Контактные гербициды* повреждают только те органы или ткани растений, с которыми они соприкасаются после опрыскивания. Они не передвигаются по сосудисто-проводящей системе растений. Органы, на которые препарат не попадает, не повреждаются, поэтому при обработке необходимо тщательно смачивать сорняки растворами.

Системные гербициды легко проникают в ткани растений, передвигаются по ним, вызывая различные нарушения. По характеру

проникновения в растение эти препараты делят на три группы: проникающие через листья и другие надземные органы; проникающие через корни, их называют гербицидами почвенного действия и вносят только в почву до появления сорных растений; проникающие через листья и корни.

Сроки, способы, нормы применения и приготовления растворов. Гербициды применяют в виде растворов, суспензий, эмульсий, порошков, гранул, аэрозолей. Вносить их можно как самостоятельно, так и в сочетании с другими приемами (внесение удобрений, регуляторов роста, препаратов для борьбы с вредителями, болезнями, при орошении — гербигация).

Сроки внесения определяются возделываемой культурой, видовым составом сорняков, формой препаратов. Наиболее оптимальны следующие сроки:

перед посевом сельскохозяйственных культур путем опрыскивания с последующей заделкой в почву боронованием или культивацией. Гербицидами, заделанными в верхний слой почвы, уничтожают в основном прорастающие сорняки;

после посева до появления всходов культурных растений (досуходовое внесение);

после появления всходов (послевсходовое внесение).

Опрыскивание посевов и почвы проводят различными способами: сплошным, т. е. на всей площади, или выборочным, на сильно засоренных участках — куртинах; ленточным (полосами шириной 25—35 см); рядковым.

Действие гербицидов в значительной степени зависит от нормы их внесения. При недостаточной норме гибель сорняков снижается, при завышенной могут пострадать культурные растения.

Норма гербицида определяется его свойствами, степенью засоренности, видовым составом сорняков, фазой развития культурных и сорных растений, почвенно-климатическими условиями (тип почвы, количество осадков, температура воздуха).

При повышении температуры воздуха чувствительность растений к препаратам увеличивается, что объясняется быстрым поглощением и перемещением гербицидов в растениях. Большинство из них обладают наибольшей токсичностью при температуре 18—24 °С. Слабее действуют они на сорняки при сравнительно высокой (25—30 °С) и низкой (8—10 °С) температурах. Действие почвенных гербицидов эффективнее в умеренно теплую (15—20 °С) погоду при влажности почвы не менее 20 %.

Перед применением гербицидов готовят рабочие растворы, т. е. препараты растворяют или смешивают с водой. Норма расхода жидкости зависит от формы препарата и способов внесения. Для контактных и почвенных гербицидов норма расхода жидкости 300—1000 л/га. Для системных гербицидов при наземном опрыс-

кивании достаточно 150—300 л воды на 1 га, при авиаобработке — 25—50 л/га.

Для приготовления рабочего раствора используют машины АПЖ-12 и СЗС-10. Наземное опрыскивание выполняют при помощи наземных штанговых опрыскивателей. Для обработки посевов используют авиацию.

Применение гербицидов в посевах основных сельскохозяйственных культур. В посевах *зерновых* наиболее широко используют производные 2,4-Д (аминную соль). Лучшее время для обработки гербицидами группы 2,4-Д — фаза полного кушения. В посевах пшеницы, ржи, ячменя, овса они эффективно подавляют василек синий, марь белую, пастушью сумку, редьку дикую, ширицу и др. Если в посевах зерновых культур встречаются трехреберник непахучий, горцы, дымянка лекарственная, подмаренник цепкий, метлица обыкновенная, овсюг, фиалка полевая, то перечисленные препараты окажутся малоэффективными. В таких случаях применяют смеси гербицидов: 2,4-Д и 2М-4Х с банвелом или специальные гербициды 2М-4ХП, лонтрел, аврора, ковбой, секатор и др.

Посевы риса опрыскивают в фазе 2—3 листьев, предварительно сбросив воду из чеков.

Зерновые культуры с подсевом многолетних трав обрабатывают гербицидом 2М-4ХМ в фазе кушения у зерновых и первого тройчатого листа у клевера. В посевах зерновых бобовых культур (горох, вика, фасоль, бобы) широко применяют прометрин, 2М-4ХМ, базагран.

В посевах *льна-долгунца* для химической прополки используют натриевую соль 2М-4Х (дикотекс). Его обрабатывают в фазе «елочки» при высоте растений 5—15 см. Для уничтожения в посевах этой культуры злаковых сорняков до всходов применяют глин, базагран, дуал.

В посевах *кукурузы* чаще всего используют системные почвенные гербициды 2,4-Д, диален супер и др. Они обладают широким спектром действия, но не подавляют просовидные сорняки (щетинники, куриное просо). Поэтому набор гербицидов для кукурузы дополняют базаграном, лонтрелом, раундапом, титусом, хармони, фронтьером оптима и др.

Для борьбы с сорняками в посадках *картофеля* и *овощных культур* имеется большой набор препаратов. Наиболее широко используют прометрин, лонтрел, бетанал, зенкор, фюзилад и др.

В *плодовых садах* и на *виноградниках* чаще всего применяют глифосат, диален супер, ковбой — весной перед обработкой приствольных кругов и междурядий, а осенью — после вспашки или уборки урожая.

Для усиления действия гербицидов на сорняки в посевах большинства культур используют смеси препаратов или их сочетания, применяют системы гербицидов в севообороте.

При химическом способе борьбы с сорняками необходимо соблюдать все меры предосторожности. При хранении, перевозке и работе с гербицидами следует руководствоваться Инструкцией по технике безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве. Применяя гербициды, кроме соблюдения мер личной безопасности, необходимо защищать пчел, птиц, животных от случайного попадания на них препаратов.

Если гербициды используют правильно, они не оказывают отрицательного влияния на культурные растения и окружающую среду.

Комплексные методы. В основе комплексных методов борьбы с сорняками лежат рациональные принципы сочетания в севообороте предупредительных, механических, химических и биологических мер. Комплексная борьба результативнее, чем какой-либо один способ. Кроме того, применение одних и тех же способов борьбы может привести к нежелательным последствиям. Так, при систематическом использовании гербицидов группы 2,4-Д резко увеличивается засоренность посевов сорняками, устойчивыми к данному гербициду; эффективность прополок снижается. Появляется так называемая группа резистентных (устойчивых) сорняков.

Сочетание гербицидов и механических обработок позволяет наиболее эффективно бороться со злостными корнеотпрысковыми сорняками. Периодическое подрезание на различную глубину таких сорняков, как вьюнок полевой, бодяк розовый, осот полевой и др., приводит к расходу запаса пластических веществ и угнетению сорняков. Последующая обработка гербицидами способствует гибели сорняков на 90—100 %.

Интенсивное применение удобрений и известкование почвы изменяют минеральное питание растений — улучшают условия произрастания сельскохозяйственных культур, которые занимают всю площадь и подавляют сорняки. Ослабевшие сорные растения легко уничтожаются гербицидами. Сочетание агротехнических химических и биологических мер борьбы особенно эффективно в севообороте, где сорняки наиболее сильно угнетаются.

Борьба с сорняками в районах орошаемого земледелия. В районах орошения складываются особые условия для роста и развития сорняков, изменяется их видовой состав — исчезают засухоустойчивые, появляются влаголюбивые. Из малолетних сорняков особенно распространены просянки, щетинники, петушье просо, овсюг. Из многолетних корнеотпрысковых сорняков наиболее вредоносны на орошаемых землях осот розовый, бодяк, молокан татарский, горчак розовый, вьюнок полевой.

Главный источник распространения сорняков в орошаемом земледелии — оросительная вода. С каждым кубическим метром ее на поля может быть занесено от 3 до 6 тыс. семян сорняков. Орошение благоприятствует вегетативному размножению сорных растений в результате усиления регенерации ряда многолетних сорняков.

Меры борьбы с распространением семян и зачатков сорняков с поливными водами заключаются в уничтожении источников засорения поливных вод и очистке их от семян сорняков. Очистка поливной воды заключается в изменении направления или отводе ее поверхностного слоя, несущего наибольшее количество семян. Это достигается устройством запоней, щитов и отстойников. Борьбу с засоренностью посевов и почвы в районах орошаемого земледелия проводят в послеуборочный период с помощью различных приемов обработки почвы, среди которых большое значение имеет полупаровая обработка.

Один из эффективных способов борьбы с сорняками — возможно ранние влагозарядковые поливы с последующей осенней обработкой.

Важная роль в борьбе с сорняками принадлежит химическому методу, эффективность которого в условиях орошения возрастает. Один из путей интенсификации орошаемых земель — совмещение поливов с внесением средств химизации (минеральных удобрений, микроэлементов, химических мелиорантов, гербицидов и др.). Внесение гербицидов с поливной водой называется *гербигацией*. Гербигация — самостоятельный технологический прием защиты сельскохозяйственных культур от сорных растений. Гербициды с поливной водой вносят при возделывании кукурузы, сои, риса, картофеля, свеклы, подсолнечника, люцерны, овощных и других культур. Гербигация имеет ряд преимуществ; наиболее распространенный способ ее применения — дождевание машинами типа «Фрегат», «Кубань», «Кубань-ЛК».

Основные гербициды, рекомендуемые для внесения с поливной водой под различные культуры: кукуруза — базагран, эради-кан, примэкстра, диален, сутан, майазин; соя — трефлан, нитран, зенкор; подсолнечник — трефлан, нитран, девринол, эптам; свекла — эптам, дуал, ронит, лонтрел.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое сорные растения? Каковы их происхождение и вредоносность?
2. Назовите биологические особенности сорняков и пути засорения полей.
3. Какие принципы положены в основу классификации сорняков?
4. Из каких мероприятий состоит система борьбы с сорняками?
5. В чем принципиальные различия между механическими, химическими и биологическими способами борьбы с сорняками?
6. Назовите гербициды, применяемые в посевах важнейших сельскохозяйственных культур.
7. Перечислите методы учета сорняков, засоренности посевов и почвы.

2.4. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СЕВООБОРОТОВ

2.4.1. ПОНЯТИЕ О СЕВООБОРОТЕ

Севооборотом называют научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и чистого пара по полям и во времени.

В зависимости от специализации, масштабов производства, почвенно-климатических и других условий в каждом хозяйстве складывается своя структура посевных площадей.

Структура посевных площадей — соотношение площади посевов сельскохозяйственных культур и чистого пара, выраженное в процентах к общей площади пашни. Структура посевных площадей — основа севооборота.

Наряду с севооборотом часто встречается бессистемное выращивание культур и даже бессменное.

Бессменной называют сельскохозяйственную культуру, длительное время возделываемую на одном и том же поле. Если же бессменная культура является единственной сельскохозяйственной культурой, возделываемой в хозяйстве, то она называется *монокультурой*. Часто понятия «бессменная культура» и «монокультура» употребляют как синонимы. Многовековой опыт земледелия показывает, что бессменное возделывание всех сельскохозяйственных культур приводит к значительному снижению урожайности.

Различия монокультуры и бессменных посевов состоят в том, что монокультура может прерываться чистым паром.

Чистый пар — поле севооборота, свободное от возделывания сельскохозяйственных культур в течение вегетационного периода. На этом поле проводят систематическую обработку почвы, вносят удобрения, осуществляют другие мероприятия по подготовке поля под посев последующей культуры. Чистый пар подразделяют на два вида: *черный* — обработку его начинают летом или осенью после уборки урожая и *ранний* — весной следующего года.

Последовательность выращивания культур устанавливают по *схеме севооборота* — перечню сельскохозяйственных культур и паров в порядке их чередования в севообороте и по годам. В этой схеме каждая культура является предшественником по отношению к той, которая идет в следующем году. *Предшественником* называют сельскохозяйственную культуру или пар, занимавшие поле до посева последующей в севообороте культуры.

Период, в течение которого сельскохозяйственные культуры и пар проходят через каждое поле севооборота в предусмотренной схемой последовательности, называется *ротацией севооборота*.

Размещение культур по полям на период ротации представляют в виде ротационной таблицы (табл. 11).

11. Ротационная таблица 4-польного севооборота

№ поля	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
I	Озимая пшеница	Картофель	Ячмень	Вика — овес на корм
II	Ячмень	Вика — овес на корм	Озимая пшеница	Картофель
III	Картофель	Ячмень	Вика — овес на корм	Озимая пшеница
IV	Вика — овес на корм	Озимая пшеница	Картофель	Ячмень

Ротационной таблицей называют план размещения сельскохозяйственных культур и паров по полям и годам на период ротации севооборота.

При необходимости в севооборот вводят *сборные поля*, когда на одном поле размещают две, три и более культур одной группы. Например, на поле пропашных культур можно разместить картофель, кукурузу на силос и кормовые корнеплоды; на поле яровых зерновых — ячмень и овес; на поле озимых зерновых — озимую пшеницу и озимую рожь и т. д.

Иногда одну и ту же культуру можно возделывать на поле 2—3 года подряд. Такие посевы называют *повторными*.

Помимо основных культур, занимающих на поле большую часть вегетационного периода, в севообороте могут возделывать промежуточные культуры. *Промежуточными* называют сельскохозяйственные культуры, возделываемые на полях в промежуток времени, свободный от возделывания основных культур севооборота. Например, после уборки озимой пшеницы остаются 2—3 теплых месяца, в течение которых можно посеять горчицу, кукурузу на зеленый корм, рапс, другие кормовые культуры. Такие культуры называют *пожнивными*.

Другой разновидностью пожнивных культур являются *озимые промежуточные культуры*, когда посевы озимых культур (ржи и др.) используют весной на корм, а затем после них высевают основные культуры севооборота — кукурузу, гречиху, картофель, просо и другие поздние яровые культуры.

Подсеянными промежуточными культурами называют культуры, подсеянные под покров основной культуры и убранные осенью в год посева.

Поукосные промежуточные культуры высевают во второй половине лета после скашивания многолетних, однолетних трав и других кормовых культур.

2.4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕВОБОРОТОВ

В основу классификации севооборотов положены два основных признака: тип и вид севооборота.

Существует три *типа севооборотов* — полевые, кормовые и специальные. Они могут подразделяться на подтипы.

По второму признаку определяются *виды севооборотов*, различающихся по структуре посевных площадей — соотношению основных групп сельскохозяйственных культур. Их более десяти, и они могут относиться к различным типам и подтипам севооборотов.

Далее приведена классификация севооборотов.

Типы и подтипы	Виды
<i>Полевые:</i> универсальные	Зернопаровые, зернопаропропашные, зернопропашные, зернопаротравяные, зернотравяные, зернотравяно-паропропашные, плодосменные или зернотравяно-пропашные, травяно-пропашные, пропашные, паропропашные, сидеральные
специализированные: зерновые, льняные, свекловичные, картофельные	Зернопаровые, зернопаропропашные, зернотравяные, плодосменные, пропашные, травяно-пропашные и др.
<i>Кормовые:</i> прифермские	Плодосменные, пропашные, травяно-пропашные, травяно-зерновые
сенокосно-пастбищные	Травопольные (многопольнотравяные), травяно-зерновые, травяно-пропашные
<i>Специальные:</i> овощные, овощекормовые, овощебахчевые и бахчевые	Пропашные, травяно-пропашные, паропропашные, зернопаропропашные
рисовые	Зернотравяные, зернопропашные
конопляные	Пропашные, плодосменные, зернопаропропашные
табачные и махорочные	Пропашные, плодосменные, травяно-пропашные
земляничные и плодпитомнические	Травяно-пропашные, паропропашные, сидеральные
лекарственные и эфиромасличные	Зернопаропропашные, плодосменные, паропропашные
почвозащитные	Травопольные, травяно-зерновые

Полевым называется севооборот, предназначенный для производства зерна, технических культур и кормов. Эти севообороты подразделяют на два подтипа — универсальные и специализированные.

В полевых *универсальных* севооборотах большая часть пашни занята обычно зерновыми культурами, остальная — техническими

и кормовыми. В засушливых районах часть пашни в таком севообороте отводят под чистые пары.

Специализированным называется севооборот с предельно допустимым насыщением посевами одной культуры или культур, близких по биологии и технологии возделывания. Во многих районах России распространены специализированные полевые зерновые севообороты, в которых удельный вес зерновых и зернобобовых культур достигает 85 %. В полевом специализированном свекловичном севообороте удельный вес сахарной свеклы может достигать 30 %, а при орошении — 40 %.

При производстве картофеля удельный вес этой культуры в специализированном полевом севообороте на высоком агрофоне может быть увеличен до 40 % и более.

Кормовым называется севооборот, предназначенный для производства преимущественно грубых, сочных и зеленых кормов.

Кормовые севообороты делят на два подтипа: прифермские и сенокосно-пастбищные.

Прифермским называется севооборот, предназначенный для производства сочных и зеленых кормов, поля которого расположены вблизи животноводческих ферм.

Сенокосно-пастбищным называется кормовой севооборот, предназначенный для производства сена, сенажа и выпаса скота. В таком севообороте возделывают многолетние и однолетние травы.

Специальным называется севооборот, предназначенный для возделывания культур, требующих специальных условий и особой агротехники. К таким культурам относятся: овощные, бахчевые, конопля, табак, рис, лекарственные, эфиромасличные растения и др.

Особое место среди специальных севооборотов занимают *почвозащитные севообороты*. Их назначение — защита почвы от водной или ветровой эрозии при одновременном производстве продовольственной, технической или кормовой продукции.

Зернопаровым называется севооборот, в котором преобладают зерновые культуры сплошного посева и имеется поле чистого пара. Например: 1 — чистый пар; 2 — яровая пшеница; 3 — яровая пшеница; 4 — овес.

Зернопаропропашным называется севооборот, в котором преобладают зерновые культуры сплошного посева, чередующиеся с чистым паром и пропашными культурами. Удельный вес зерновых культур в таких севооборотах может достигать 70 % площади пашни, а с посевами кукурузы на зерно и больше.

Типичным примером такого севооборота служит десятипольный севооборот: 1 — чистый пар; 2 — озимая пшеница; 3 — куку-

руза на зерно; 4 — яровая пшеница; 5 — ячмень; 6 — горох; 7 — озимая рожь; 8 — яровая пшеница; 9 — просо; 10 — подсолнечник.

Зернопропашным называется севооборот, в котором преобладают зерновые культуры, чередующиеся с пропашными. В таком севообороте после пропашных культур следуют один или два года подряд зерновые, крупяные или зернобобовые культуры и снова пропашная культура. Чередование в специализированном картофельном севообороте на легких почвах Нечерноземной зоны следующее: 1 — картофель; 2 — озимая рожь; 3 — люпин на зерно; 4 — картофель; 5 — овес.

Зернопаротравяным называется севооборот, в котором преобладают посевы зерновых культур и имеются чистые пары и многолетние травы. В таких севооборотах могут быть и поля технических непропашных культур — льна-долгунца. Примером зернопаротравяного севооборота может быть волоколамское восьмиполье: 1 — чистый пар; 2 — озимые зерновые с подсевом клевера; 3, 4 — клевер; 5 — яровые зерновые или лен-долгунец; 6 — чистый пар; 7 — озимые; 8 — яровые зерновые.

Зернотравяным называется севооборот, в котором преобладают зерновые культуры сплошного посева, а остальная площадь пашни занята многолетними и однолетними травами.

Наиболее распространены 7- и 8-польные чередования: 1 — занятый пар; 2 — озимые; 3 — яровые зерновые с подсевом многолетних трав; 4, 5 — многолетние травы; 6 — озимые; 7 — яровые зерновые.

Зернотравяно-паропропашным называют севооборот, в котором посевы зерновых культур чередуются с чистым паром, многолетними травами и пропашными культурами. По структуре посевных площадей такой севооборот приближается к плодосменному, но в нем еще остается поле чистого пара: 1 — чистый пар; 2 — озимая пшеница; 3 — картофель; 4 — ячмень с подсевом многолетних трав; 5, 6 — многолетние травы; 7 — озимая пшеница; 8 — овес.

Плодосменным называют севооборот, в котором зерновые культуры занимают до половины площади пашни и чередуются с пропашными и бобовыми культурами. Классическим примером плодосменного севооборота является норкфолкский севооборот: 1 — пропашные; 2 — яровые зерновые с подсевом клевера; 3 — клевер; 4 — озимые зерновые, в котором зерновые занимают 50 %, пропашные и бобовые — по 25 %.

Типичным примером современного плодосменного севооборота является восьмиполье, широко распространенное в Нечерноземной зоне России: 1, 2 — многолетние травы; 3 — озимые зерновые; 4 — картофель; 5 — яровые зерновые или зернобобовые; 6 — озимые зерновые; 7 — кукуруза на силос; 8 — яровые зерновые с подсевом многолетних трав.

Травопольным называется севооборот, в котором бóльшая часть пашни занята посевами многолетних бобовых и злаковых трав. Оставшаяся часть обычно занята однолетними травами, иногда зернофуражными культурами. Этот вид севооборота относится к кормовому типу, он служит основой для организации интенсивного лугопастбищного хозяйства с чередованием: 1—5 — многолетние травы; 6 — однолетние травы с подсевом многолетних трав.

Травянозерновым называется севооборот, в котором половина или бóльшая часть пашни занята многолетними и однолетними травами, а остальная часть — зерновыми культурами. Примером такого севооборота для Нечерноземной зоны может быть следующее чередование: 1—4 — многолетние травы; 5 — озимая пшеница; 6 — овес; 7 — ячмень; 8 — однолетние травы с подсевом многолетних трав.

Травянопропашным называют севооборот, в котором пропашные культуры чередуются с посевами многолетних трав. Многолетние травы в таких севооборотах занимают обычно 2—3 и более полей.

Пропашным называется севооборот, в котором бóльшая часть пашни занята посевами пропашных культур. Это наиболее интенсивный вид севооборота.

В конце XIX — начале XX в. пропашные севообороты появились в отдельных хозяйствах России, которые специализировались на производстве фабричной сахарной свеклы, заводского картофеля, овощей. В Средней Азии такие севообороты были основой хлопководства.

Полевые пропашные севообороты распространены прежде всего в районах высокого плодородия почв, использования современных агротехнологий. Например, применяют такой полевой севооборот: 1 — кукуруза на зерно; 2 — подсолнечник; 3 — зернобобовые; 4 — озимая пшеница; 5 — сахарная свекла; 6 — кукуруза на зерно; 7 — кукуруза на силос; 8 — озимая пшеница; 9 — сахарная свекла; 10 — озимый ячмень с пожнивным посевом промежуточных культур.

Сидеральным называется севооборот, в котором одно или несколько полей отводят для выращивания сидеральных культур (зеленого удобрения). Сидеральные севообороты используют на малогумусных песчаных и супесчаных почвах, которые, например в Нечерноземной зоне, занимают около 30 % площади пашни. На таких почвах можно применять сидеральные севообороты со следующим чередованием: 1 — люпин на зеленое удобрение (сидерат); 2 — озимая рожь; 3 — картофель; 4 — овес.

2.4.3. РАЗРАБОТКА СХЕМ СЕВОБОРОТОВ

В основу разработки схем полевых, кормовых и специальных севооборотов положены:

- принцип адаптивности;
- принцип биологической и хозяйственно-экономической целесообразности;
- принцип плодосменности;
- принцип совместимости и самосовместимости;
- принцип уплотненного использования пашни;
- принцип специализации;
- принцип периодичности (предусматривает необходимость соблюдения времени возврата одной и той же культуры на прежнее место возделывания. Для большинства культур этот период не превышает 2—3 лет, но у некоторых он достигает 5—7 лет):

<i>Культура</i>	<i>Период возврата на прежнее место выращивания, лет</i>
Зерновые (пшеница, рожь, ячмень, овес)	1—2
Просо, гречиха	2—3
Кукуруза	1
Зернобобовые (горох, вика, чина)	3
Люпин	4—5
Картофель	1—2
Сахарная свекла	3—4
Лен-долгунец	5—6
Подсолнечник	6—7
Многолетние травы	3
Кормовые корнеплоды	2—3
Табак	2—3
Рапс	3—4

При построении всех типов и видов севооборотов необходимо хорошее знание ценности предшественников для основных сельскохозяйственных культур, возможностей их использования на почвах с разным плодородием в конкретных климатических условиях и в зависимости от уровня обеспечения земледелия средствами производства: удобрениями, техникой, семенами, препаратами для защиты растений и др.

Рассмотрим в обобщенном виде предшественники основных полевых, технических и кормовых культур.

<i>Культура</i>	<i>Предшественники</i>
Озимые зерновые (пшеница, рожь, ячмень)	Чистые пары, многолетние травы, занятые пары, зернобобовые, кукуруза на зеленый корм и силос, озимые зерновые
Яровая пшеница	Чистые пары, пропашные культуры, многолетние травы, занятые пары, зернобобовые культуры, озимые зерновые

Овес, ячмень яровой, гречиха	Пропашные культуры, зернобобовые, озимые зерновые, яровая пшеница, технические непروطашные культуры
Просо	Пропашные культуры, зернобобовые, озимые зерновые по парам или многолетним травам
Горох, вика, чечевица, люпин, соя и другие зернобобовые	Пропашные культуры (кроме бобовых), озимые, яровые зерновые культуры
Картофель	Озимые зерновые, зернобобовые, многолетние травы, пропашные культуры, яровые зерновые
Сахарная свекла	Озимые зерновые, зернобобовые, картофель, яровая пшеница
Кукуруза	Озимые зерновые, картофель, зернобобовые, яровые пшеница, овес, ячмень
Подсолнечник	Озимые зерновые, зернобобовые, кукуруза, кориандр
Лен-долгунец	Многолетние травы, зернобобовые, картофель, кукуруза на силос, озимые по многолетним травам
Конопля	Многолетние травы, зернобобовые, пропашные культуры
Рис	Люцерна, зернобобовые, кукуруза, озимые зерновые
Табак и махорка	Озимые зерновые, многолетние травы, зернобобовые, кукуруза
Хлопчатник	Люцерна, кукуруза, зернобобовые
Многолетние травы	Подсев под яровые зерновые, под однолетние травы, под озимые зерновые или чистый посев после пропашных или зерновых культур
Однолетние травы	Яровые зерновые, пропашные культуры
Кормовые корнеплоды	Озимые и яровые зерновые, кукуруза, картофель
Промежуточные культуры	Озимые и ранние яровые зерновые культуры, однолетние травы на корм и другие культуры, рано освобождающие поля

Перечень предшественников основных культур приведен в порядке убывания их ценности — от отличных к удовлетворительным. Но в зависимости от зональных условий, уровня интенсификации земледелия ценность предшественников может меняться.

Севооборот как организационно-технологическая основа земледелия. Севооборот с его системой чередования и сменой культур на полях по определенной схеме по своей сути является образцом системного решения одной из основных задач современного земледелия — рационального использования пашни. В научно обоснованной схеме севооборота заложена возможность эффективного использования почвенного плодородия, биологического потенциала сельскохозяйственных культур, агроклиматических ресурсов — тепла и атмосферных осадков, удобрений, средств защиты растений, сельскохозяйственных машин, трудовых ресурсов с целью получения высокого урожая при одновременных сохранении и повышении плодородия почвы и охране окружающей среды.

Таким образом, севооборот — центральное звено современных агроландшафтных систем земледелия. На него, как на стержень, нанизываются другие звенья этих систем земледелия: система обработки почвы и защиты ее от эрозии, система удобрения, система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, система семеноводства и сортосмены, система орошения или осушения, система машин, система организации и оплаты труда и т. д.

Особое значение севооборот приобретает при решении экологических проблем. Он прежде всего — основа правильно организованной системы почвозащитного и природоохранного землепользования в современных агроландшафтных системах земледелия.

Защищая почву от эрозии, севооборот эффективно снижает химическое загрязнение окружающей среды, так как вместе с почвой и в составе стоковых вод с полей в реки, озера, пруды, в грунтовые воды попадают остатки минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста, других химических веществ, применяемых в сельском хозяйстве. И в этом исключительно большое экологическое значение севооборота.

2.4.4. ПРИЧИНЫ ЧЕРЕДОВАНИЯ КУЛЬТУР

Д. Н. Прянишников сформулировал четыре группы взаимосвязанных причин необходимости чередования культур на полях.

Причины химического порядка чередования культур. Они связаны прежде всего с различиями химического состава почвы на полях после уборки различных культур. Это объясняется тем, что для формирования урожая культуры потребляют из почвы разное количество азота, фосфора, калия, кальция и других зольных элементов. Однако есть культуры, которые не только не потребляют, а обогащают почву элементами питания.

Сахарная свекла, капуста, кукуруза на силос, картофель, озимые потребляют из почвы значительное количество элементов питания. В то же время бобовые культуры оставляют в почве существенные запасы азота. К ним относятся: горох, вика, клевер, люцерна, люпин, сераделла, эспарцет, чина, нут, вигна, маш и другие бобовые культуры, которые с помощью клубеньковых микроорганизмов усваивают атмосферный азот. На каждом гектаре почвы, занятой бобовыми растениями, ежегодно связывается от 100 до 250 кг и более азота атмосферы. Это равноценно внесению в почву от 300 до 700 кг дорогостоящего минерального удобрения — аммиачной селитры.

Культуры различаются по степени усвоения труднорастворимых фосфатов почвы и фосфорных удобрений. Так, корни люпина, гречихи, овса, картофеля, сахарной свеклы, горчицы с помо-

шью корневых выделений способны растворять и переводить в доступные для растений формы труднорастворимые фосфаты почвы и фосфоритной муки.

Калий в больших количествах потребляется из почвы картофелем, сахарной свеклой, кормовыми корнеплодами, овощами, хлопчатником. Повышенным потреблением кальция, серы, магния, других зольных элементов отличаются кукуруза, картофель, сахарная свекла и другие пропашные и бобовые культуры.

При чередовании более рационально используются питательные вещества, что способствует получению планируемых урожаев.

Причины физического порядка. Определяются различным влиянием сельскохозяйственных культур на строение, структуру, плотность, водный режим почвы и ее устойчивость к водной или ветровой эрозии. Они связаны с различиями в биологии и морфологии, в технологии возделываемых культур и с массой и распространением корней в почве, условиями их разложения, с обработкой почвы.

В то же время большинство полевых и кормовых культур своим зеленым покровом защищает почву от эрозии, а их корневые и послеуборочные остатки улучшают ее структуру.

Наиболее благоприятное влияние на физическое состояние почвы оказывают и защищают ее от эрозии культуры сплошного посева с хорошо развитой надземной и корневой системами. К ним относятся посевы многолетних трав — бобовых и злаковых и их смесей. У этих культур масса корневых и поукосных остатков примерно равна массе убираемого урожая. Большое количество растительных остатков многолетних трав эффективно улучшает структуру почвы.

Корневая система многолетних трав, проникая на большую глубину, своими многочисленными корешками пронизывает почву и разделяет ее на отдельные комочки. При отмирании корешков эти комочки пропитываются перегноем — в результате формируется водопрочная структура почвы.

Пропашные культуры из-за небольшого количества растительных остатков, широкорядных посевов и интенсивных обработок почвы как до посева, так и во время вегетации в большинстве случаев способствуют разрушению почвенной структуры и не могут надежно защитить почву от эрозии, особенно если их возделывают повторно или бессменно. Еще сильнее структура почвы разрушается в чистых парах.

Помимо различного влияния на структуру и другие физические свойства почвы возделываемые культуры различаются и по потребности растений в воде. Об этом можно судить по транспирационному коэффициенту. Если для растений кукурузы и проса он

составляет 200, то для пшеницы и ячменя — 400 и более, для клевера — 500—600, для люцерны — 700—800.

В севообороте влага атмосферных осадков используется лучше, если культуры с глубоко проникающей корневой системой чередуются с культурами мелкокорневыми или с чистыми парами.

Причины биологического порядка. Определяются различным отношением культурных растений к вредителям, болезням и сорным растениям. Они связаны с тем, что каждому культурному растению на полях часто сопутствуют свои, присущие только этому растению болезни, вредители и сорные растения. При бесменном возделывании культуры количество специализирующихся на ней вредных организмов с каждым годом может увеличиваться и приводить к снижению урожая.

Из-за высокой приспособляемости этих паразитных организмов к условиям жизни их культурных хозяев с большинством из них при бесменных посевах даже при наличии самых современных средств защиты растений бороться очень сложно.

С развитием науки и техники удалось найти достаточно эффективные способы химической и биологической защиты культурных растений практически от всех вредителей и сорных растений. Однако многие сельскохозяйственные культуры остаются беззащитными при массовом размножении специализированных болезней, вредителей и сорняков в случае их бесменных посевов или при нарушении правильного чередования в севообороте.

Наибольшей эффективности в борьбе с почвенными патогенами достигают при правильном чередовании сельскохозяйственных культур в севообороте без повторных посевов.

Всестороннее изучение почвоутомления показало, что причины его возникновения носят комплексный характер. При бесменных посевах клевера, льна, люцерны, капусты и других культур причиной почвоутомления является накопление в почве не только корневых выделений, но и возбудителей фузариоза, корне-еда, а также нематод: свекловичных, овсяных, ржаных, картофельных и т. д.

Специализированные сорняки особенно часто появляются при повторных и бесменных посевах, а севооборот служит для многих из них серьезным препятствием их распространения в посевах других культур. При смене озимых культур яровыми озимые и двулетние сорные растения не распространяются и, наоборот, в посевах озимых культур, а также многолетних трав подавляются растения ранних и поздних яровых сорняков.

Чередование сельскохозяйственных культур препятствует распространению многих специализированных вредителей растений. Например, чередование злаковых с культурами других семейств

значительно уменьшает поражение их посевов жулицией и стеблевой совкой.

Исключительно велика роль севооборота в борьбе с нематодами.

Причины экономического порядка. К ним относится возможность в севообороте разгрузить пики в полевых работах и в использовании рабочей силы и техники. При наличии ранних и поздних яровых культур, имеющих разные сроки посева и уборки, нагрузки на людей и технику в один и тот же период в 2 раза ниже, чем на полях, занятых только ранними или только поздними яровыми культурами. Если к ним добавляются еще озимые культуры, то напряженность полевых работ еще меньше.

При соблюдении севооборота урожайность по сравнению с нарушением чередования повышается в 2—2,5 раза, снижается себестоимость продукции, растет производительность труда, уменьшаются затраты. В условиях рыночной экономики в острой конкуренции это весомый экономический аргумент в пользу преимуществ севооборота.

2.4.5. РАЗМЕЩЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПАРОВ В СЕВООБОРОТАХ

Сельскохозяйственные культуры и технологии их возделывания оказывают большое и разнообразное влияние на физические, химические и биологические показатели плодородия почвы, рост, развитие и урожайность последующих культур.

По биологии и технологии возделывания все культуры объединены в отдельные группы по влиянию на почву и урожайность последующих культур. В современной группировке культур и паров выделяют: чистые пары, занятые пары, многолетние травы, зернобобовые культуры, пропашные культуры, технические не-пропашные культуры, зерновые культуры, промежуточные культуры.

В основе оценки сельскохозяйственных культур как предшественников лежат следующие критерии:

влияние культуры на физические, химические и биологические показатели плодородия, на водный режим почвы;

влияние предшественника на рост, развитие растений и урожайность последующих культур севооборота, на качество урожая; почвозащитная и экологическая роль предшественника;

влияние предшественника на фитосанитарный потенциал севооборота;

влияние предшественника на общую продуктивность севооборота.

Среди предшественников особое место занимают различные виды паров. В зависимости от почвенно-климатических условий, способов использования, систем обработки почвы и удобрения пары имеют следующую классификацию. Пар чистый бывает ранний, черный и кулисный, а пар занятый — сплошной, пропашной и сидеральный.

Ранним паром называют чистый пар, в котором основную обработку почвы проводят весной, в год парования поля.

Черным паром называют чистый пар, в котором основную обработку почвы (на всю глубину пахотного слоя) проводят осенью после уборки предшественника накануне парования поля.

Кулисным называют чистый пар, в котором полосами высевают высокостебельные растения (кулисы): кукурузу, подсолнечник и др. с размещением их поперек господствующих ветров. Кулисы служат для накопления снега на полях, предохранения озимых от вымерзания, а также для борьбы с ветровой эрозией почвы, защиты посевов от засухи.

Занятым паром называют паровое поле, засеянное с весны рано убираемыми культурами, освобождающими поле в первую половину лета. После уборки парозанимающей культуры проводят обработку почвы по типу паровой и поле готовят под посев озимых, иногда яровых культур.

Занятые пары сплошного посева занимают вико-овсяной, горохоячменной и другими смесями однолетних культур. Их называют однолетними травами и убирают на корм в фазе бутонизации — начала цветения бобового компонента.

Занятые пропашные пары занимают скороспелыми пропашными культурами — ранним картофелем, а в южных районах — кукурузой на зеленый корм и др.

Сидеральный пар — разновидность занятого пара, засеваемого бобовыми и другими культурами для заделки их в почву на зеленое удобрение.

Чистые пары. Выполняют очень важные агротехнические функции: накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги; мобилизация питательных веществ в почве; борьба с сорными растениями, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. Их используют как предшественники в первую очередь под основные продовольственные культуры — озимую пшеницу, яровую пшеницу и озимую рожь. В применении чистых паров имеется определенная географическая закономерность: по мере продвижения с запада на восток и юго-восток усиливаются континентальность и засушливость климата, в связи с чем в структуре посевных площадей доля чистых паров возрастает до 20 % и более.

Решающим фактором жизни растений, определяющим уровень урожайности, является вода. Чистый пар увеличивает запасы вла-

ги в верхнем (0—20 см) слое почвы на 15—25 % по сравнению с непаровыми предшественниками. Это одно из условий получения своевременных дружных всходов и хорошей перезимовки озимой пшеницы в степных районах.

Увеличению запасов влаги способствуют посевы кулис в паровом поле. В условиях Алтайского края кулисы увеличивали толщину снежного покрова в 3 раза и способствовали повышению запасов почвенной влаги в чистом пару на 20—25 %.

Высокая степень минерализации органического вещества при отсутствии культурных и сорных растений в чистом пару способствует накоплению в почве доступных форм питательных веществ.

Чистый пар — эффективное комплексное средство борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур. При повышении биологической активности почвы в чистом пару ускоряется разложение растительных остатков и значительно снижается степень зараженности культур фитопатогенными грибами. После чистого пара пораженность посевов пшеницы корневыми гнилями и другими болезнями снижается в несколько раз.

Многочисленные обработки почвы в чистом пару уничтожают многих вредителей пшеницы и других культур в разных фазах их развития (яйца, личинки, гусеницы и т. п.).

Положительное влияние чистого пара на водный режим, фитосанитарное состояние поля, обеспечение растений питательными веществами выражается в получении значительно более высоких и устойчивых урожаев озимой и яровой пшеницы.

Занятые пары. В условиях достаточного увлажнения, при использовании орошения, удобрений на запланированный урожай, современной технологии обработки почвы и защиты растений от вредителей, болезней и сорняков озимые зерновые культуры размещают по занятым парам. Урожайность озимой пшеницы и озимой ржи по занятому пару в Нечерноземной зоне не ниже, чем по чистым парам.

Вико-овсяный занятый пар наиболее распространен в Нечерноземной зоне, и его последствие на картофель и другие пропашные культуры, идущие после озимых пшеницы и ржи, не уступает чистому пару как предшественнику.

Влияние картофельного занятого пара на урожайность озимых культур и продуктивность звена с пропашными культурами значительно повышается. По сравнению с чистым паром продуктивность такого звена увеличивается на 23—30 %.

В увлажненных районах эффективны занятые пары с посевами ценных бобовых многолетних трав однолетнего использования — клевера и эспарцета. После таких паров урожайность озимой пшеницы не уступает таковой по чистому пару.

В районах с песчаными и супесчаными почвами большую роль играют сидеральные пары, в которых возделывают и запахивают в качестве зеленого удобрения различные виды люпина, донник и другие культуры.

Многолетние травы. Многолетние бобовые травы — клевер и люцерна — широко используют как ценные кормовые культуры в чистом виде и в смеси с многолетними злаковыми травами: тимфеевкой, овсяницей, райграсом многоукосным, житняком и некоторыми другими. Их значение как предшественников определяется прежде всего азотфиксирующей способностью бобовых растений.

Благодаря большой массе растительных остатков (до 7—8 т/га абсолютно сухого вещества), высокой степени их гумификации многолетние травы располагают в первом ряду почвоулучшающих культур. По влиянию на плодородие почвы, урожайность озимых зерновых и других культур они часто превосходят чистые и занятые пары. Однако это справедливо лишь при наличии влаги, так как для своей вегетации многолетние травы требуют значительно больше воды, чем другие культуры. Поэтому многолетние травы распространены в районах достаточного увлажнения и на орошаемых землях, где их используют в первую очередь как предшественники озимых культур. Они положительно влияют не только на первую, но и на вторую, и третью культуры.

Кроме озимых культур после многолетних трав в севооборотах размещают лен-долгунец, картофель, яровые зерновые, просо, коноплю, капусту. Клевер и другие многолетние травы являются особенно ценными предшественниками для льна-долгунца, который после них меньше засоряется, поражается болезнями и повреждается вредителями, дает высокий урожай льноволокна и семян.

Зернобобовые культуры. Горох, чечевица, нут, чина, вика и пелюшка на семена, люпин и другие культуры представляют большую ценность как предшественники благодаря прежде всего их азотфиксирующей способности. Они накапливают в почве несколько меньше азота, чем многолетние клевер и люцерна, но его достаточно для того, чтобы на малоплодородных дерново-подзолистых и иных почвах горох и другие бобовые были хорошими предшественниками для многих сельскохозяйственных культур.

Короткий период вегетации и ранняя уборка урожая позволяют проводить обработку почвы и посев озимых культур после гороха, чины, нута и других зернобобовых культур. Эти культуры — хорошие предшественники для озимой пшеницы и озимой ржи. Во многих регионах России по влиянию на плодородие почвы и урожайность культур зернобобовые не уступают чистым и занятым парам. По данным ВНИИ зернобобовых и крупняных

культур, в условиях Орловской области получена урожайность озимой пшеницы: по черному пару — 3,35 т/га, по гороху — 3,51, по вике — 3,40, а по клеверному занятому пару — 3,49 т/га. В этих же условиях урожайность озимой ржи по гороху составила 3,62 т/га, а по вике — 3,58 т/га.

Зернобобовые культуры — хорошие предшественники для льна-долгунца, ячменя, овса, проса, гречихи, для большинства пропашных культур — картофеля, сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника, конопли, табака, различных овощных культур.

Пропашные культуры. По способу возделывания они объединены в одну группу. Это определяет их специфическое влияние на почву и урожай последующих культур.

Группа пропашных представлена большим разнообразием культур, которые возделывают ширококорядно. В течение их вегетации проводят междурядные обработки почвы, вносят минеральные удобрения, уничтожают сорняки; на орошаемых землях с помощью поливов для них создают оптимальный водный режим.

По ценности пропашные культуры как предшественники приближаются к чистым парам. Это связано с их свойством очищать поля от сорняков, накапливать в пахотном слое запасы доступных для растений питательных веществ, с положительным влиянием отдельных пропашных культур на водный баланс почвы.

Учитывая высокую ценность пропашных культур как предшественников, после них возделывают многие сельскохозяйственные культуры. После уборки кукурузы на зеленый корм, ранних сортов картофеля, турнепса, кормовых бобов и других рано освобождающих поле культур хорошие урожаи дают озимая пшеница, озимая рожь, озимый ячмень.

Большинство пропашных культур — картофель, кукуруза на силос или на зерно, сахарная, кормовая, столовая свекла, подсолнечник и др. — поздно освобождают поля. Поэтому они служат хорошими предшественниками для яровых культур — яровой пшеницы, овса, ячменя, гречихи, проса, зернобобовых, льна, конопли и др.

Среди пропашных культур имеются такие, возделывание которых особенно выгодно и позволяет увеличить доходность хозяйства: сахарная свекла, картофель, подсолнечник, соя. Выращивание культур вблизи предприятий, перерабатывающих эту продукцию, позволяет снизить затраты на их доставку к месту переработки. Пропашные культуры предъявляют повышенные требования к плодородию почвы.

К отрицательным свойствам пропашных культур относится то, что они мало оставляют в почве растительных остатков, спо-

способствуют разрушению почвенной структуры и имеют слабую почвозащитную способность. Поэтому при их возделывании необходимо вносить повышенные дозы органических удобрений для восстановления запасов гумуса и структуры почвы. На полях с уклоном более 3° площади посевов пропашных культур сокращают или исключают из севооборота. На таких полях рядки посевов пропашных культур размещают поперек склона и все приемы по обработке почвы проводят в этом же направлении с использованием специальных противоэрозионных мероприятий.

Технические непропашные культуры. К ним относятся лен-долгунец, конопля, рапс и некоторые другие культуры. Их особенность — большой вынос питательных веществ из почвы и необходимость создания высокого агрофона для получения устойчивых урожаев.

Технические непропашные культуры требуют определенных предшественников. Лучшими предшественниками льна-долгунца являются: клевер и клеверозлаковые смеси, занятый пар, зернобобовые, картофель, озимые зерновые культуры по пласту многолетних трав.

Коноплю в севооборотах размещают после озимых зерновых культур, сахарной свеклы, кукурузы, картофеля, зернобобовых культур, многолетних трав, люпина кормового.

Отношение технических непропашных культур к повторным посевам различно и определяется биологическими причинами чередования культур. При внесении навоза и высоких доз минеральных удобрений повторные посевы конопли не снижают урожайности, но при длительном бессменном ее возделывании урожайность снижается из-за усиливающегося поражения растений конопляной блошкой, стеблевым мотыльком и фузариозом. Поэтому в севооборотах хозяйств, специализирующихся на производстве этой культуры, повторные посевы конопли прерываются на 1—2 года картофелем, кукурузой, многолетними травами и зернобобовыми культурами.

В отличие от конопли лен-долгунец не выносит повторных посевов и частого возвращения на одно и то же поле. Это связано с сильным поражением повторных посевов льна-долгунца фузариозом и другими болезнями, с почвоутомлением, с ингибирующим влиянием отдельных групп почвенных микроорганизмов.

Зерновые культуры. Обычно они занимают в полевых севооборотах половину или большую часть площади пашни.

Место озимой и яровой пшеницы, озимой ржи в севообороте определяется их значением как важнейших продовольственных культур. Их размещают по лучшим предшественникам — после

чистых и занятых паров, многолетних трав и зернобобовых культур. При повторных и бессменных посевах зерновые культуры резко снижают урожайность.

Особое место среди зерновых занимает рис. В условиях специальной агротехники — орошения по чекам, высоких доз удобрений, интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков — рис без заметного снижения урожайности выдерживает двух- и даже трехлетнее повторное возделывание в севооборотах рисосеющих хозяйств Кубани. Однако при бессменных посевах рис снижает урожайность из-за засоления и заболачивания почвы, накопления в ней сероводорода и закисных соединений железа, а также из-за массового засорения посевов специализированными сорняками: рисовой просянкой, клубнекамышом, стрелолистом, осокой и др. Поэтому повторные посевы риса чередуют с его лучшими предшественниками — люцерной, кукурузой, зернобобовыми культурами, озимой пшеницей с промежуточными культурами.

Ценность зерновых культур как предшественников во многом определяется уровнем агротехники и их предшественником, т. е. предпредшественником. Для многих сельскохозяйственных культур хорошие предшественники — озимая и яровая пшеница, озимая рожь, идущие по чистым парам и многолетним травам. В этих случаях следующие за ними культуры испытывают положительное последствие предпредшественников — чистого пара и др.

Ценность яровых зерновых культур как предшественников относительно ниже, чем озимых, что также зависит от предшественника и уровня агротехники. Яровая пшеница — удовлетворительный предшественник для повторного посева яровой пшеницы и для других культур, если она идет по чистому пару или по многолетним травам.

Особое место среди яровых зерновых культур занимает овес, так как он практически не поражается корневыми гнилями и другими болезнями зерновых культур, поэтому считается хорошим предшественником для большинства культур и является санитаром.

Ячмень, идущий по пропашным, зернобобовым культурам, может быть удовлетворительным предшественником. После ячменя можно возделывать многие пропашные культуры, но как предшественник он малоприемлем для озимой и яровой пшеницы из-за одних и тех же возбудителей корневых гнилей этих культур.

Среди крупяных культур хорошим предшественником является просо, если его возделывают по пласту многолетних трав или после хорошо удобренных навозом пропашных культур.

Гречиха — также достаточно хороший предшественник для яровых зерновых культур из-за ее принадлежности к другому семейству, хорошей способности очищать поля от сорняков и усваивать труднорастворимые фосфаты почвы. После нее можно размещать зернобобовые, а также кукурузу, картофель и другие пропашные культуры.

Промежуточные культуры. Большинство основных культур севооборота занимают поля в течение времени, составляющего лишь 50—70 % продолжительности периода вегетации растений. Например, во многих районах Нечерноземной зоны после уборки озимых и яровых зерновых культур поля пустуют более двух месяцев в теплый летне-осенний период. За это время выпадает 100—150 мм и более осадков, сумма биологически активных температур достигает 1000 °С, что составляет 30—40 % агроклиматических ресурсов всего теплого периода года. Этого вполне достаточно, чтобы дополнительно получить еще и урожай зеленой массы кормовых или сидеральных растений.

Промежуточные культуры подразделяют на пожнивные, поукосные, подсевные и озимые.

Промежуточные культуры, как и занятые пары, являются элементом интенсивного земледелия. При замене чистых паров занятыми в районах достаточного увлажнения коэффициент использования пашни увеличивается до единицы, а при посеве промежуточных культур в этих условиях или на орошаемых землях коэффициент использования пашни больше единицы.

Промежуточные культуры — существенный источник кормов, и прежде всего важное звено зеленого конвейера. Они позволяют получать свежие корма, когда основные кормовые культуры еще не достигли кормовой спелости (весной) или уже убраны с полей (осенью).

Посевы многих промежуточных культур можно использовать как зеленое удобрение.

Огромна роль промежуточных культур как санитаров — количество сорняков, вредителей и болезней снижается до 40 % и более.

При подборе промежуточных культур учитывают продолжительность периода, в течение которого может возделываться промежуточная культура, обеспеченность его теплом и осадками.

В Нечерноземной зоне и других регионах для поживного и поукосного посевов пригодны: овес, горох, пелюшка, люпин, кормовая капуста, турнепс, белая горчица, озимый и яровой рапс, фацелия, масличная редька, озимая сурепица и другие быстрорастущие и устойчивые к заморозкам культуры. В южных районах для этой цели возделывают кукурузу, подсолнечник,

гречиху, суданскую траву, просо, сорго, могар и другие поздние яровые культуры.

К озимым промежуточным культурам во многих районах относятся: озимая рожь, озимая пшеница, озимый ячмень, озимая вика, зимующий горох, зимующий овес, озимый рапс, озимая сурепица. Эти культуры хорошо используют агроклиматические ресурсы осенне-зимнего и ранневесеннего периодов, устойчивы к перезимовке, быстро растут и рано весной дают высокий урожай зеленой массы.

Как подсевные промежуточные культуры в южных районах высевают донник, эспарцет, клевер однолетний, суданскую траву; в северных районах — различные виды клевера, озимую вику, донник, сераделлу, люпин многолетний и однолетний, райграс однолетний. Эти культуры высевают под покров зерновых культур или однолетних трав.

Промежуточные культуры — важный источник органического вещества для дерново-подзолистых и других малоплодородных почв. Они оставляют на каждом гектаре почвы до 4—5 т пожнивных и корневых остатков. Это вызывает усиленную деятельность почвенных микроорганизмов, в результате чего в почве увеличиваются запасы доступных растениям питательных веществ, улучшаются ее физические свойства.

Исключительно велика почвозащитная и экологическая роль промежуточных культур. Защищая почву от эрозии и уменьшая число вредителей, болезней и сорняков на полях, они способствуют снижению химической нагрузки на полях (в виде пестицидов), смыва почвы и тем самым предохраняют окружающую среду от загрязнения.

2.4.6. ПОЛЕВЫЕ СЕВООБОРОТЫ

В *зернопаровых севооборотах* посевы зерновых культур прерываются чистым паром, и зерновые занимают большую часть площади севооборота (от 60 % в 3-польном до 75 % в 4-польном). Такие севообороты широко распространены в засушливых районах Северного Кавказа и степной части Сибири, где под пропашные и многолетние травы отводят незначительную часть пашни. Чистые пары здесь обеспечивают накопление и сохранение влаги, и их используют для борьбы с сорняками.

Площадь под чистым паром зависит от засушливости климата. Например, в острозасушливых районах рекомендуют 3-польные севообороты с 33 % площади под паром: 1 — пар; 2 — яровая пшеница; 3 — яровая пшеница. В более увлажненных районах применяют 4- или 5-польные севообороты: 1 — пар; 2 — яровая пшеница;

ца; 3 — яровая пшеница; 4 — ячмень, или 1 — пар; 2 — яровая пшеница; 3 — яровая пшеница; 4 — пропашные; 5 — ячмень, овес.

Расширение посевов зерновых положительно сказывается на общей продуктивности зерна. Озимые хлеба предьявляют более высокие требования к предшественникам. Влагообеспеченность — ограничивающий фактор урожайности, поэтому правильное размещение озимых в севообороте имеет решающее значение. По данным Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии, наибольший выход зерна (71,35 т на 100 га пашни) с наилучшими экономическими показателями был получен в зернопаровом севообороте, в котором озимые и яровые хлеба занимали по 28,6 % с размещением половины озимых по черным парам и половины — после зерновых бобовых.

В сухостепной зоне Поволжья в острозасушливые годы озимые культуры следует размещать только по чистым парам. Наиболее эффективны *зернопаровые* и *зернопропашные севообороты*: 1 — чистый пар; 2 — озимые; 3 — яровая пшеница; 4 — просо; 5 — ячмень, или 1 — чистый пар; 2 — озимые; 3 — пропашные; 4 — просо; 5 — яровая пшеница; 6 — ячмень. В сухие годы по парам целесообразно размещать яровую пшеницу, которая имеет более высокую урожайность, чем озимые.

В степных районах юга европейской части России *зернопропашные севообороты* более насыщены озимой пшеницей, которая в этой зоне благодаря продолжительной и теплой осени, а также сравнительно мягкой зиме более урожайна, чем яровая. Формирование колоса (критический период) яровой пшеницы совпадает с засушливым временем, зерно получается невыполненным, в результате урожай снижается.

В этой зоне благоприятные условия и для выращивания кукурузы на зерно в качестве предшественника яровых культур и на ранний силос как предшественника озимой пшеницы.

Озимая пшеница дает высокие урожаи и по занятым парам, а при соответствующей обработке в благоприятные по увлажнению почвы годы ко времени посева озимых — после гороха и озимой пшеницы. При отсутствии доступной влаги в пахотном слое почвы по непаровым предшественникам ко времени посева озимой пшеницы здесь целесообразно заменить ее яровой культурой с соответствующей зяблевой обработкой.

Передовые хозяйства на хорошо очищенных от сорняков полях, где засуха резко не проявляется, вводят севообороты без чистых паров, но тщательно готовят почву (полупаровая обработка).

В качестве примера можно привести схему *полевых севооборотов*, распространенных в Ростовской области: 1 — пар занятый; 2, 3 — озимая пшеница; 4 — горох; 5, 6 — озимая пшеница; 7 — пар

занятой; 8 — озимая пшеница; 9 — кукуруза на зерно; 10 — яровой ячмень.

В более увлажненных районах Краснодарского и Ставропольского краев в хозяйствах, прилегающих к сахарным заводам, осваивают зернопропашные севообороты с посевами озимой пшеницы, сахарной свеклы, подсолнечника, клешевины и кукурузы. Здесь рекомендуют, например, такой севооборот: 1 — кукуруза на силос; 2 — озимая пшеница; 3 — сахарная свекла; 4 — кукуруза на зерно; 5 — озимая пшеница; 6 — подсолнечник; 7 — озимый ячмень; 8 — озимая пшеница; 9 — клешевина; 10 — озимая пшеница.

В хозяйствах, не имеющих кормовых севооборотов, люцерну высевают в *выводном поле* полевого севооборота.

В предгорных районах этих краев существуют и *пропашные севообороты*, в которых под пропашные культуры отводят половину площади севооборота: 1 — кукуруза на силос; 2 — озимая пшеница; 3 — сахарная свекла; 4 — озимая пшеница; 5 — кукуруза на зерно; 6 — озимая пшеница; 7 — подсолнечник; 8 — озимая пшеница; 9 — кукуруза на зерно; 10 — озимая пшеница. Но и здесь севообороты без чистых паров могут быть только в хозяйствах, способных своевременно убрать такие поздние культуры, как сахарная свекла и кукуруза, хорошо обработать поля и своевременно засеять их озимой пшеницей.

В лесостепной зоне европейской части России большинство хозяйств многоотраслевые с развитым животноводством и выращивающие технически пропашные культуры: сахарную свеклу, подсолнечник. Здесь широко распространены *полевые зерно-пропашные севообороты* (плодосменные). Эта зона подвержена водной эрозии. В таких районах необходимы специальные почвозащитные севообороты с многолетними травами, занимающими большую часть площади. Поэтому в полевых севооборотах в большинстве случаев ограничиваются одногодичным использованием многолетними травами: в более засушливых районах — эспарцетом, в более увлажненных — клевером.

В качестве примера можно привести севооборот, рекомендуемый НИИСХ Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева: 1 — однолетние травы; 2 — озимая пшеница; 3 — сахарная свекла, подсолнечник, картофель; 4 — яровые колосовые с подсевом эспарцета или клевера; 5 — эспарцет или клевер; 6 — озимая пшеница; 7 — сахарная свекла; 8 — горох; 9 — озимая пшеница; 10 — кукуруза на силос, просо в более засушливых районах, гречиха в более влажных.

Приведенный севооборот — типичный *плодосменный*, в котором зерновые колосовые чередуются или с пропашными, или с бобовыми культурами. Однако вполне приемлемы *зерно-пропашные севообороты*, более насыщенные зерновыми культурами.

ми, например с посевом яровых колосовых в десятом поле после озимой пшеницы. При большей специализации севооборота на выращивание сахарной свеклы ею занимают все третье поле, можно занять и часть десятого поля.

В Нечерноземной зоне ведущая отрасль сельского хозяйства — мясо-молочное животноводство. В льносеющих хозяйствах стоит задача получения наибольшего выхода волокна. Вокруг крупных промышленных центров созданы специализированные хозяйства по выращиванию разнообразных овощей и картофеля. Однако и в этих хозяйствах развивается высокопродуктивное молочное животноводство, которое использует отходы овощеводства и обеспечивает его наиболее ценным органическим удобрением — навозом.

Для высокой продуктивности животных их необходимо полностью обеспечить разнообразными кормами с достаточным содержанием переваримого протеина. Молочному скоту непрерывно требуются в изобилии сочные корма, значительное количество грубых кормов, а высокоудойным коровам — и концентрированные корма. Этим условиям должны отвечать севообороты, вводимые в этой зоне.

В Нечерноземной зоне в районах достаточного увлажнения при внесении удобрений складываются весьма благоприятные условия для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых культур. Наиболее урожайны и наименее требовательны к плодородию почвы озимая рожь и яровые ячмень и овес. Ценность озимой ржи и ячменя заключается еще и в том, что они созревают обычно до наступления затяжных дождей.

Наиболее ценный грубый корм — своевременно убранное сено многолетних бобовых трав, богатое протеином. При достаточном количестве такого сена и сенажа потребность в концентратах значительно снижается. В связи с большой неоднородностью почвенного покрова состав силосных культур здесь должен быть разнообразным. На хорошо окультуренных легких почвах можно с успехом возделывать кукурузу, а на суглинистых почвах хорошие урожаи зеленой массы дает подсолнечник. Менее урожайные, но и менее требовательные к почвенному плодородию вико- и горохо-овсяные смеси также должны играть немаловажную роль в обеспечении хозяйств силосной массой и зеленой подкормкой.

Из бобовых многолетних трав в полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах наиболее распространен клевер луговой, который при достаточном удобрении и известковании кислых почв дает высокие урожаи сена за один укос — 4 т/га и более. Клевер не только дает высокопитательный корм, но и способствует повышению урожайности высеваемых после него культур и общей продуктивности всего севооборота. Об этом свидетельствуют

результаты опытов Северо-Западного НИИСХ. Здесь за 6 лет на повышенном фоне удобрений в зернопропашном 6-польном севообороте без клевера получено с 1 га севооборотной площади в среднем 1,27 т зерна, 3640 корм. ед. и 314 кг переваримого протеина, а в 6-польном севообороте, в котором одно поле занято не горохом на зерно, а клевером, — 1,31 т зерна, 4950 корм. ед. и 512 кг переваримого протеина (Стихии, Прокопов).

Срок возделывания клевера зависит от потребности хозяйства в сене. Влияние клевера на урожайность высеваемых по его пласту культур в большинстве случаев значительно больше при одногодичном его использовании, но при двукратном подсеве в ротации севооборота.

При переходе на аренду в бригадах хозяйств с небольшими земельными массивами, расположенными на близком расстоянии от фермы, и однородным почвенным покровом целесообразно иметь единые комбинированные севообороты с клевером, зерновыми и пропашными культурами, а в льносеющих хозяйствах — со льном.

В хозяйствах Нечерноземной зоны, где почвенный покров неоднороден и большую площадь занимают малокультуренные почвы, не следует высевать наиболее требовательные к высокому плодородию культуры (пропашные силосные, кормовые корнеплоды и овощные во всех полях хозяйства). Их необходимо размещать на лучших почвах в прифермских и овощных севооборотах. Однако для окультуривания остальных полей и уничтожения сорняков целесообразно высаживать сравнительно менее требовательную пропашную культуру — картофель, внося под него органические удобрения в повышенных дозах. Возможны севообороты, где часть поля занимает картофель, а другую часть с более тяжелой почвой — зерновые бобовые культуры.

В льносеющих хозяйствах могут быть такие *плодосменные севообороты*: 7-польный на легких почвах — 1 — пар занятый; 2 — озимые с подсевом клевера с тимофеевкой; 3 — травы 1-го года пользования; 4 — травы 2-го года пользования; 5 — лен-долгунец; 6 — картофель (на лучшей части поля) и зерновые бобовые (на несколько худшей части поля); 7 — яровые пшеница, ячмень, овес; 8-польный — 1 — пар занятый; 2 — озимая рожь; 3 — картофель и зерновые бобовые; 4 — яровая пшеница и ячмень с подсевом клевера с тимофеевкой; 5 — травы 1-го года пользования; 6 — травы 2-го года пользования; 7 — лен-долгунец; 8 — яровая пшеница и овес (в более южных районах после льна-долгунца вместо яровой пшеницы целесообразно высевать озимую рожь).

В условиях интенсификации земледелия для концентрации, повышения урожая и увеличения производства льнопродукции в хозяйствах с достаточно высоким плодородием почв площадь

под льном занимает до 14 %. На высококультурных почвах Нечерноземной зоны при достаточном внесении удобрений в севооборотах целесообразно лен размещать по обороту пласта многолетних трав, после озимых или пропашных (картофеля) культур. Примером такого севооборота может быть: 1 — пар занятый; 2 — озимая рожь; 3 — яровые зернофуражные с подсевом многолетних трав; 4, 5 — многолетние травы; 6 — озимая рожь; 7 — лен.

В севооборотах с зернокартофельным направлением вместо льна-долгунца после многолетних трав размещают озимые и яровые зерновые культуры (яровые после семенников клевера), например: 1 — пар, занятый ранним картофелем и однолетними травами; 2 — озимые; 3 — картофель; 4 — ячмень с подсевом клевера с тимофеевкой; 5 — травы 1-го года пользования; 6 — травы 2-го года пользования; 7 — озимые и ячмень; 8 — картофель и зерновые бобовые.

Пропашные севообороты состоят преимущественно из пропашных культур. В полевых севооборотах наиболее часто возделывают картофель, сахарную или кормовую свеклу, подсолнечник, кукурузу и другие культуры. Примером пропашного севооборота может быть такое чередование культур: 1 — однолетние травы; 2 — кукуруза; 3 — картофель; 4 — кормовая свекла; 5 — кукуруза на силос. Однако такое насыщение пропашными культурами в эрозионно опасных районах может способствовать усилению водной и ветровой эрозии.

Травяно-пропашные севообороты включают многолетние травы и пропашные культуры. В зависимости от выращиваемых пропашных культур они могут выражать различную специализацию. Такие севообороты наиболее распространены на орошаемых и осушенных землях. В травяно-пропашные севообороты на осушенных землях включают многолетние травы на 3—4 года пользования и 4—5 полей однолетних культур, преимущественно пропашных (кукуруза, картофель, свекла и др.). Такая структура посевных площадей больше соответствует хозяйствам молочно-животноводческого направления. В них широко распространены такие севообороты: 1 — однолетние + многолетние травы; 2—4 — многолетние травы; 5 — корнеплоды; 6 — картофель; 7 — кукуруза на силос.

Сидеральные севообороты, кроме обычных полевых культур, имеют 1—2 поля, на которых в качестве основной возделывают сельскохозяйственную культуру на зеленое удобрение: люпин, горчицу белую, рапс и др.

Сидеральные севообороты вводят в районах достаточного увлажнения, в первую очередь на песчаных почвах, в хозяйствах, где нет торфяных залежей. В этих севооборотах выращивают бобовые для заправки на зеленое удобрение. Такие растения, как люпин,

сераделла, при соответствующем удобрении дают обильный урожай зеленой массы, богатой азотом, и на бедных песчаных почвах. При сидерации почвы обогащаются органическим веществом и азотом.

Горький люпин, запахиваемый на зеленое удобрение, многие хозяйства заменяют безалкалоидным (кормовым), используемым на корм животным. Безалкалоидный люпин обладает прекрасными кормовыми достоинствами, кроме того, в почве остается много корневых и пожнивных остатков. При скармливании животным люпина получают большое количество навоза. Люпин чаще выращивают в парах и запахивают незадолго до посева озимой ржи, а сераделлу подсевают весной к озимой ржи и запахивают поздней осенью. Кормовой люпин очень эффективен как предшественник не только озимых культур, но и картофеля.

На зеленое удобрение в пару целесообразнее использовать многолетний люпин, который не требует дополнительной обработки почвы, так как его подсевают к предшествующей пару яровой зерновой культуре. Кроме того, благодаря мелким семенам их расходуется меньше. После уборки покровной культуры многолетний люпин хорошо развивается еще с осени и предохраняет питательные вещества от вымывания.

Наиболее распространенный 5-польный сидеральный севооборот для песчаных почв: 1 — пар сидеральный (люпиновый); 2 — озимая рожь с подсевом сераделлы; 3 — картофель; 4 — однолетние бобовые; 5 — яровые хлеба.

Вместо сераделлы вполне можно высевать однолетний люпин после уборки озимой ржи (он успевает развить значительную растительную массу) или многолетний люпин под покров озимых под зиму.

2.4.7. КОРМОВЫЕ СЕВООБОРОТЫ

Кормовые севообороты — важное звено в системе мероприятий по созданию устойчивой кормовой базы, обеспечению скота сочными кормами (зеленой подкормкой, корнеплодами, картофелем, сенажом и силосом) в течение всего года. Они отличаются высокой (от 70 до 100 %) насыщенностью кормовыми культурами; их размещают вблизи животноводческих комплексов, ферм, цехов по производству кормов. В условиях интенсификации кормовые севообороты нужно размещать возле фермы. В зависимости от задач, поставленных перед коллективом хозяйства, специализированные кормовые севообороты могут быть *пропашные, травяно-пропашные, травопольные*. Для рационального использования кормовых растений как предшественников других сельскохозяй-

ственных культур в кормовых севооборотах в зависимости от специализации хозяйств целесообразно размещать до 30 % некормовых культур.

Интенсификация животноводства вызывает необходимость концентрации, специализации и кооперирования кормопроизводства. Система кормопроизводства в любом хозяйстве должна строиться на основе оптимального сочетания полевого и культурного лугопастбищного кормопроизводства. При наличии естественных и искусственных пастбищ в кормовых севооборотах выращивают только зеленые корма для летних подкормок и сочные корма для зимнего содержания скота.

В условиях организации крестьянского (фермерского) хозяйства на небольших фермах необходимы введение и освоение севооборотов на малых площадях.

Наиболее часто в группу прифермских севооборотов входят плодосменные, пропашные и травяно-пропашные севообороты.

В эти севообороты по возможности не следует вводить зерновые культуры и многолетние травы на сено, чтобы не увеличивать площадь под ними и не удалять поля от ферм. В прифермский севооборот, где позволяют климатические и почвенные условия, надо вводить многолетние травы для силоса и сенажа. В качестве покровной культуры для многолетних трав можно использовать однолетние травы, например вику в смеси с овсом, которые необходимы для полноценного зеленого конвейера. Этим требованиям отвечают *плодосменные прифермские севообороты*.

Для хозяйств различной специализации рекомендуют следующие севообороты. Для хозяйств молочного направления: 1 — однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2, 3 — многолетние травы; 4 — силосные; 5 — корнеплоды. Для хозяйств по откорму крупного рогатого скота: 1 — однолетние травы с подсевом многолетних; 2—5 — многолетние травы; 6 — озимые на зеленый корм + кормовые; 7 — корнеплоды.

В практике сельскохозяйственного производства широко используют *пропашные прифермские севообороты*. Они обеспечивают получение с 1 га пашни без орошения 6—8 тыс., а при орошении 10—12 тыс. корм. ед*. Схемы таких севооборотов обычно включают: силосные — корнеплоды — картофель — кукуруза. Отдельные культуры, например кукуруза, в таких севооборотах могут возделываться повторно и на выводных полях.

Учитывая возможность повторения посевов кукурузы без снижения урожая, в Нечерноземной зоне целесообразно иметь прифермские севообороты с выводным полем кукурузы. *Выводным на-*

* В кормах определяют содержание энергетических кормовых единиц (ЭКЕ), выраженное в МДж.

зывают поле, временно выведенное из общего чередования культур и занятое ряд лет одной культурой. В таких севооборотах кукурузу высевают на полях с хорошо окультуренными почвами беспрерывно в течение нескольких лет, пока ее урожаи не станут снижаться из-за повреждения болезнями или вредителями. После этого кукурузу высевают на другом поле, а на первом соблюдают обычное чередование остальных культур. Схема *севооборота с выводным полем*: 1 — озимый или яровой рапс; 2 — корнеплоды; 3 — кукуруза на силос (выводное поле); 4 — картофель поздний; 5 — подсолнечник на корм; 6 — картофель ранний.

В зависимости от специализации хозяйства могут вводиться и *травяно-пропашные прифермские севообороты*. В районах достаточного увлажнения для хозяйств молочно-картофелеводческого направления может быть рекомендован такой прифермский севооборот: 1 — кормовые корнеплоды и картофель; 2 — однолетние травы с подсевом многолетних трав; 3 — многолетние травы 1-го года пользования на зеленую подкормку и силос; 4 — многолетние травы 2-го года пользования на раннюю зеленую подкормку и сенаж; 5 — озимая рожь на самую раннюю зеленую подкормку с посевом после этого кормовой капусты на позднюю зеленую подкормку; 6 — силосные пропашные культуры; 7 — кукуруза в выводном поле.

В хозяйствах с небольшой площадью посева овощных культур их размещают в прифермском севообороте. Под овощные отводят дополнительное поле или те поля, где находятся кормовые пропашные культуры. В приведенном примере прифермского севооборота капусту, огурец и томат следует высаживать на поле из-под многолетних трав, а столовые корнеплоды вместе с кормовыми корнеплодами — в первом поле. Овощные как более требовательные культуры надо размещать на лучших почвах каждого поля.

В засушливых районах, где многолетние травы по урожайности значительно уступают однолетним, прифермский севооборот имеет большое число полей под однолетними травами. В такой севооборот целесообразно вводить посеы донника, который хорошо растет и в засушливых условиях. В этом случае прифермский севооборот может быть таким: 1 — кукуруза и сорго на силос; 2 — однолетние травы на зеленую подкормку; 3 — озимая рожь на раннюю подкормку с посевом после этого однолетних трав на позднюю зеленую подкормку с подсевом донника; 4 — донник 1-го года пользования на зеленую подкормку; 5 — донник 2-го года пользования на зеленую подкормку и на силос; 6 — кормовые бахчевые культуры (кормовой арбуз, тыква); 7 — однолетние травы.

В *сенокосно-пастбищных прифермских севооборотах* возделывают в основном многолетние и однолетние травы на сено, на подкормку, а также отводят под пастбища. Обычно это *травопольные*

севообороты, их вводят как на природных кормовых угодьях, так и на пашне. Травопольные севообороты должны быть высокопродуктивными.

В хозяйствах, где продуктивность естественных пастбищ низкая и не может быть повышена без коренного улучшения (распашки), а также где естественных пастбищ недостаточно, с каждым годом расширяют площадь долголетних культурных пастбищ и сенокосов. Естественные малопродуктивные кормовые угодья распахивают и залужают смесями злаковых и бобовых многолетних трав.

При соответствующих удобрениях и уходе за культурными пастбищами и сенокосами ими можно пользоваться в районах достаточного увлажнения и при искусственном орошении десятки лет без новой распашки и возделывания однолетних культур.

На культурных пастбищах получают самый дешевый зеленый корм, богатый переваримым протеином и витаминами. При правильном уходе за пастбищами и рациональном использовании значительные площади их ежегодно выкашивают на сено.

С механизированием доения на фермах целесообразно культурные пастбища располагать вблизи таких ферм даже на пахотных землях, чтобы можно было без снижения удойности коров пригонять их для доения на скотный двор. В этом случае площадь пашни должна компенсироваться включением в полевые и прифермские севообороты части естественных кормовых угодий.

В засушливых районах, где многолетние травы недолговечны, вводят на пониженных местах с повышенным увлажнением почвы севообороты с длительным использованием многолетних трав. В этих севооборотах в наиболее благоприятные по увлажнению годы высевают засухоустойчивые травосмеси из люцерны, житняка, костреца безостого и других трав с использованием их в течение 5—7 лет. Для организации зеленого конвейера в эти севообороты включают также однолетние травы, кукурузу, сорго и бахчевые кормовые культуры. Здесь высокоэффективно лиманное орошение кормовых культур с использованием талых вод.

2.4.8. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СЕВОБОРОТЫ

Специальными называют такие севообороты, в которых возделывают культуры, требующие специальных условий и особой агротехники (овощные, рис, конопля, табак и др.). Для выращивания этих культур нужны высокоплодородные почвы, особые способы орошения, применение специальной техники и технологии. Отдельные культуры можно выращивать в сравнительно неболь-

ших регионах страны. К специальным относятся также севообороты, направленные на защиту почвы от разрушения и деградации.

Почвозащитные севообороты вводят на земельных массивах со средне- и сильноосмытыми почвами, которые расположены на склонах крутизной более 5°. Они необходимы также на легких почвах, сильно подверженных ветровой эрозии, где обычных агротехнических мер для ее предотвращения недостаточно. В таких севооборотах бывает 3—5 полей многолетних трав, создающих мощную дернину, которая скрепляет почву, защищая ее от смыва и выдувания.

На сильноосмытых темно-серых оподзоленных почвах лесостепи при выращивании на склонах смеси люцерны, клевера, тимофеевки и костреца безостого за 12 лет получено в среднем в зависимости от года пользования травами от 5,2 до 6,2 т/га сена. Масса корневых и поукосных остатков трав составила от 6,0 до 15,6 т/га. При этом самый высокий урожай трав и наибольшее количество корневых и поукосных остатков отмечены на 4-й год пользования травами. Для лесостепной зоны рекомендуют примерно такой севооборот: 1 — пар, занятый вико-овсяной смесью; 2 — озимые с последующими пожнивными культурами; 3 — яровые с подсевом смеси многолетних трав; 4—6 — многолетние травы; 7 — озимые на зерно (посев полосами в сочетании с полосами трав, оставленных на 4-й год пользования) и пожвные посевы после уборки озимых; 8 — суданская трава и другие однолетние травы (посев полосами в сочетании с полосами трав, оставленных на 5-й год пользования). Полосы располагают поперек склона.

На почвах, подверженных ветровой эрозии, в степных районах Сибири чаще вводят 5-польные с 10-летней ротацией почвозащитные севообороты с полосным размещением культур. В этих севооборотах однолетние культуры и пар чередуются с защитными полосами из многолетних трав, преимущественно житняка. Житняк устойчив к засухе и не повреждается гербицидами во время опрыскивания ими зерновых культур, он дает стабильные урожаи сена в течение 5—7 лет и оставляет на 1 га до 20—25 т корневых и поукосных остатков. Его сеют осенью по стерне яровой пшеницы, идущей второй культурой после пара, а под пар отводят поле после уборки зерновых, размещенных второй культурой после распашки поля из-под многолетних трав (табл. 12).

Ширина защитных и защищенных полос на супесчаных почвах составляет, как правило, 50 м, а на легкосуглинистых — 100 м. Полосы нарезают перпендикулярно к направлению ветров, вызывающих эрозию. На массивах с очень крутыми склонами (10—20°), сильно подверженных эрозии, вводят многопольно-травяные почвозащитные севообороты с длительным (5—7-летним) использованием многолетних бобовых и злаковых трав. Под однолетние

культуры здесь отводят 1—2 поля, которые пашут полосами попере­к склона с чередованием однолетних культур с полосами трав.

12. Размещение культур и пара в полях по полосам в 5-польном севообороте

Поле	Четные полосы	Нечетные полосы
1	Пар кулисный	Многолетние травы 3-го года пользования
2	Яровая пшеница по пару	Многолетние травы 4-го года пользования
3	Яровая пшеница, осенью посев житняка по стерне	Многолетние травы 5-го года пользования; распашка полос после укоса трав
4	Многолетние травы 1-го года пользования	Яровая пшеница по пласту трав
5	Многолетние травы 2-го года пользования	Яровая пшеница или просо

Многолетние травы в этих севооборотах засушливых районов высевают только в благоприятные по увлажнению годы, удлинняя в засушливые годы пользование травами и возделывание однолетних культур между полосами трав. Многолетние травы на таких крутых склонах предназначены преимущественно на зеленую подкормку или сенную муку. Крутые склоны со смытыми и размытыми почвами, которые невозможно использовать под посев многолетних трав, следует отводить под плодово-ягодные и лесные насаждения. Днища балок, где почвы обычно намыты, отводят под специальные овощные и другие севообороты для наиболее ценных и влаголюбивых культур.

Специализация и концентрация производства картофеля как кормовой культуры требуют внедрения специализированных севооборотов, что позволяет возделывать эту культуру в условиях семейного подряда и аренды. Для таких севооборотов необходимы участки с легкими супесчаными почвами, легкими суглинками. При размещении картофеля в специализированных полевых севооборотах с систематическим внесением высоких доз органических удобрений значительно повышается урожайность, улучшается качество клубней, снижаются потери и механические повреждения. Такие севообороты можно рекомендовать для крестьянских (фермерских) хозяйств.

На высококультурных супесях в 6-польном севообороте под картофель можно занимать до 33,3 % севооборотной площади: 1 — картофель; 2 — яровые зерновые; 3 — кормовой люпин с за­пашкой отавы на зеленое удобрение; 4 — картофель ранний с посевом многолетних трав (до августа); 5, 6 — многолетние травы. Наиболее широко распространены 5- и 7-польные севообороты с двумя полями картофеля. 5-польные севообороты с 40 % картофеля:

1, 2 — многолетние травы; 3 — картофель поздний; 4 — картофель ранний; 5 — озимые или яровые с подсевом трав. Семипольный полевой севооборот: 1 — яровые зерновые с подсевом многолетних трав; 2, 3 — многолетние травы; 4 — картофель; 5 — занятый пар; 6 — озимые; 7 — картофель.

В хозяйствах с нехваткой естественных кормовых угодий, особенно на дерново-карбонатных почвах, целесообразны посевы люцерны в выводных полях, где она дает высокие урожаи сена в течение 4—5 лет при двух, а в благоприятные годы и трех укосах в год.

К специализированным относятся севообороты по возделыванию овощных и бахчевых культур. Как правило, эти культуры возделывают в *пропашных севооборотах*.

Овощные севообороты вводят в хозяйствах, расположенных вблизи городов и промышленных центров на плодородных незаливаемых пойменных землях, осушенных торфяниках, хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах с мощным перегнойным горизонтом, а в засушливых районах — на низинных землях и участках с искусственным орошением.

При введении овощных севооборотов необходимо учитывать различные требования овощных культур к теплу, особенно в Нечерноземной зоне. Здесь следует выделять отдельный севооборот для теплолюбивых культур (томат, огурец и др.), а также когда отводимые земельные массивы для выращивания овощных культур различаются по микроклиматическим условиям — температурному режиму, срокам наступления поздних и ранних осенних заморозков.

Координационный совет по севооборотам разработал рекомендации по оценке предшественников в различных зонах страны в соответствии со специализацией (табл. 13).

С учетом подбора предшественников, специализации хозяйств, региона и удельного веса овощных культур их размещают в специальных овощных, овощекормовых, кормовых и полевых севооборотах.

Овощные севообороты используют преимущественно в специализированных овощеводческих хозяйствах, где на значительных площадях выращивают сравнительно большой набор овощных культур. В этих севооборотах доля овощных культур составляет 50—60 %. Для поддержания плодородия почвы в таких севооборотах возделывают однолетние и многолетние травы. Пример овощного севооборота: 1 — однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2, 3 — многолетние травы; 4 — капуста (среднеспелая и поздние сорта); 5 — капуста (килоустойчивые сорта); 6 — морковь; 7 — столовая и кормовая свекла.

Овощекормовые севообороты используют в пригородных хозяйствах. Овощные культуры в таких севооборотах занимают не более

13. Группы предшественников овощных культур

Культура	Предшественники		плохие
	хорошие	удовлетворительные	
	<i>Центральные районы Нечерноземной зоны РФ</i>		
Капуста белокочанная	Многолетние травы, однолетние травы на силос или сидерат, морковь, картофель	Оборот пласта многолетних трав, капуста, идущая по пласту и сидератам (килоустойчивая)	Капуста, свекла столовая
Морковь	Смесь однолетних кормовых культур, капуста, картофель	Свекла столовая и кормовая, морковь	—
Свекла столовая	Смесь однолетних кормовых культур, морковь, картофель	Капуста	Свекла столовая и кормовая
	<i>Южная зона европейской части РФ</i>		
Томат	Многолетние травы, озимая пшеница, капуста после картофеля и озимая пшеница, огурец, кукуруза на силос	Томат и огурец по пласту многолетних трав, лук	Картофель
Огурец	Многолетние травы, капуста	Оборот пласта многолетних трав, лук	Огурец
Капуста белокочанная	Озимая пшеница, многолетние травы, лук, огурец, томат, горох, морковь	Капуста, идущая по пласту, картофель	Овощные после озимой пшеницы
Лук	Озимая пшеница (с применением гербицидов), томат, огурец	Оборот пласта многолетних трав	—
	<i>Западная Сибирь</i>		
Капуста белокочанная	Морковь, огурец, оборот пласта многолетних трав, чистый пар	Лук, томат	Капуста
Томат	Лук, морковь, огурец, многолетние травы	Капуста	Томат
Огурец	Лук, капуста, картофель ранний, многолетние травы	Томат	Огурец
Морковь	Многолетние травы	Капуста	Томат
Свекла столовая	Лук, огурец, однолетние кормовые культуры	Томат, лук (после пара)	Капуста, морковь, томат
Лук	Капуста, огурец, однолетние травы, оборот пласта, чистый пар	Лук (после пара)	Многолетние травы, морковь, томат
Арбуз	Житняк, люцерна и их смеси 3-летнего пользования	Озимая рожь по черному пару, кукуруза на силос, сорго	Бахчевые (после однолетних культур), яровая пшеница

50 % площади. Основную часть площади отводят под кормовые культуры (травы, силосные культуры, корнеплоды, картофель, тыква и др.).

В этом случае севооборот может быть таким: 1 — капуста ранняя; 2 — однолетние травы + многолетние травы; 3 — многолетние травы; 4 — капуста поздняя; 5 — столовая и кормовая свекла; 6 — силосные; 7 — картофель ранний.

Полевые севообороты с овощными культурами используют в регионах, где на больших площадях выращивают ограниченное число видов овощных культур. Так, в зоне консервных заводов и вблизи крупных промышленных центров можно иметь севообороты с одним или двумя полями таких овощных культур, как томат, морковь, перец, бахчевые, баклажан, горох овощной и др.

Для районов Нечерноземной зоны на плодородных почвах с внесением необходимых доз органических удобрений в орошаемых условиях можно использовать севообороты с насыщением капустой, картофелем и другими культурами. Например: 1 — однолетние травы или зерновые с подсевом трав; 2, 3 — многолетние травы; 4 — капуста (ранняя и поздняя); 5 — капуста килоустойчивая; 6 — картофель; 7 — морковь; 8 — картофель ранний, свекла столовая.

Для хозяйств, расположенных в Сибирском регионе, на плодородных почвах осваивают севообороты с короткой ротацией: 1 — капуста; 2 — огурец; 3 — лук; 4 — морковь, или 1 — капуста; 2 — лук; 3 — морковь; 4 — томат или картофель и т. д. На слабокультурных почвах в севообороты включают культуры, повышающие плодородие: многолетние травы, зерновые бобовые, кормовые и др.

В практике сельскохозяйственного производства встречается большое многообразие различных типов овощных севооборотов.

В овощных севооборотах широко применяют повторные и уплотненные посевы и посадки. Почти повсеместно в *повторных посевах* используют скороспелые холодостойкие растения (салат, редис, укроп, лук на перо), а после них возделывают культуры с поздним посевом. После рано убираемых культур (зеленные, ранний картофель, раннеспелая капуста, горох, репа и др.) выращивают холодостойкие культуры (укроп, редис, редьку, салат, цветную капусту) и культуры, переходящие на следующий год (шавель, лук, чеснок, хрен, лук-батун).

Уплотненные посевы — это выращивание в междурядьях одной культуры других сельскохозяйственных растений. В качестве примера возможных уплотнителей для огурца могут использоваться корнеплодные овощи, томат, капуста. Овощную кукурузу можно уплотнять кабачком, тыквой, фасолью, горохом. Цветную капусту можно выращивать в междурядьях томата позднего сорта. Уплот-

няющих культур достаточно много, их широко используют не только на производстве, но и на индивидуальных огородах, в крестьянских хозяйствах.

Флодово-питомнические, лесопитомнические и земляничные севообороты служат для борьбы с сорняками и обогащения почвы азотом. Например, для Нечерноземной зоны может быть рекомендован такой плодово-питомнический севооборот: 1 — картофель; 2 — вика с овсом с подсевом клевера; 3 — клевер; 4 — корнеплоды; 5 — картофель ранний; 6 — первое поле питомника; 7 — второе поле питомника; 8 — третье поле питомника.

В таком севообороте выращивают в течение трех лет саженцы (школа саженцев); сеянцы семечковых и косточковых деревьев могут выращивать или в четверном поле севооборота, или на лучших почвах наиболее чистого поля в овощном севообороте.

В лесопитомнических севооборотах под школу саженцев отводят 5 полей, вследствие чего эти севообороты чаще бывают 10-польными. Земляничный севооборот также в большинстве случаев имеет 10 полей, так как земляника занимает 5 из них, например: 1 — капуста; 2 — однолетние бобовые; 3 — корнеплоды; 4 — однолетние бобовые; 5 — картофель ранний; 6 — земляника; 7 — земляника 1-го года плодоношения; 8 — земляника 2-го года плодоношения; 9 — земляника 3-го года плодоношения; 10 — земляника 4-го года плодоношения.

В данном севообороте землянику высаживают летом после уборки картофеля раннего, на следующий год урожай товарной продукции бывает, как правило, недостаточным, и основная задача — создать благоприятные условия для роста и развития земляники с целью получения высоких урожаев в последующем году.

Рисосеющие хозяйства Краснодарского, Приморского краев осваивают *специальные рисовые севообороты*. Их относят к зерно-травяным севооборотам. Лучшие предшественники риса во всех зонах рисосеяния — многолетние бобовые травы, занятые и сидеральные пары. В рисовых севооборотах часто возделывают промежуточные культуры. В севооборотах рисосеяния насыщение их рисом достигает 50—62,5 % всей площади севооборота.

Рисовые севообороты имеют большое значение, так как урожай риса сильно снижаются уже на третий и особенно на четвертый год бессменного его посева.

Для получения высоких урожаев риса необходимо: систематически проводить восстановительную планировку чеков (участки поля площадью 0,3—1,5 га, огражденные валиками и приспособленные для выращивания культуры риса с поливом затоплением слоем воды в среднем 10—15 см); регулярно обогащать почву свежим органическим веществом с высоким содержанием азота; интенсивно аэрировать почву до посева и после уборки риса для

окисления ядовитых продуктов жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов; уничтожать сорняки.

Наиболее полно эти требования можно выполнить в севооборотах с люцерной и наличием агроメリоративного поля, которое делят на две равные части. На одной половине поля с осени после уборки риса высевают смесь зимующего гороха и озимой вики, а на второй, начиная с ранней весны и до середины лета, проводят планировку и полупаровую обработку почвы. После уборки на зерно зерновой бобовой смеси первую половину поля подвергают планировке и полупаровой обработке, а на второй половине поля после окончания планировки высевают ту же бобовую смесь, но уже на зеленую массу. К середине сентября на первой половине поля заканчивают планировочные работы, а на второй — убирают зеленую массу. После этого все поле засевают той же смесью зимующего гороха и озимой вики. Уже в ноябре эта смесь дает 11—13 т/га зеленой массы. В середине апреля следующего года травосмесь повторно убирают на корм, а поле готовят под посев риса.

Наблюдения, проведенные в рисовхозе «Красноармейский» Краснодарского края, показывают, что после бобовой смеси урожайность риса на 1,4—1,5 т/га выше, чем после чистого пара, и на 0,4—0,5 т/га больше, чем по пласту двулетней люцерны. После этой смеси в почве остается большое количество органического вещества, богатого азотом, почва приобретает благоприятную структуру, а поле очищается от сорняков, семена которых интенсивнее прорастают в более влажной почве под бобовой смесью.

Для повышения продуктивности севооборотов следует проводить посев смеси зимующего гороха и озимой вики после уборки риса до его нового посева и в других рисовых полях.

Во ВНИИ риса в течение многих лет изучают различные рисовые севообороты. Наиболее продуктивными оказались 7- и 8-польные севообороты с повторными посевами риса не более 2—3 лет после люцерны и занятого пара (агроメリоративного поля). Такие севообороты обеспечивают самые высокие валовые сборы риса, а также получение кормов, богатых протеином (сено люцерны и смеси однолетних бобовых на зеленый корм и силос).

Чередование культур в 7-польном севообороте следующее: 1 — занятый пар (агроメリоративное поле); 2, 3 — рис; 4, 5 — люцерна; 6, 7 — рис. В этом севообороте рис занимает 57 % площади. В 8-польном севообороте после люцерны рис высевают три года подряд, и площадь под ним увеличивают до 62,5 %.

Повышения урожайности и валовых сборов риса в интенсивных рисовых севооборотах можно достичь более рациональным использованием пласта многолетних трав и уплотнением сево-

оборотов промежуточными культурами, что позволяет резко улучшить экологическую обстановку, уменьшить использование пестицидов. Чередование культур, например в 6-польном севообороте, будет: 1, 2 — многолетние травы; 3 — многолетние травы + рис (по весенней обработке пласта после первого укоса трав на зеленый корм); 4 — рис + промежуточные культуры; 5 — промежуточные культуры (на корм или зеленое удобрение) + рис; 6 — рис.

Свекловичные севообороты используют в зоне свеклосеяния. По климатическим условиям зону свеклосеяния разделяют на три подзоны: достаточного, неустойчивого и недостаточного увлажнения. В зоне достаточного увлажнения лучший предшественник — озимая пшеница, размещенная после многолетних трав, занятого пара, гороха. В специализированных севооборотах данной зоны площадь посева свеклы рекомендуется до 20 % и более. В *зерно-травяно-свекловичном севообороте* целесообразно планировать промежуточные культуры: 1 — озимые на зеленый корм или однолетние травы; 2 — озимые + промежуточная культура; 3 — сахарная свекла; 4 — яровые с подсевом многолетних трав; 5 — многолетние травы; 6 — озимая пшеница + пожнивная культура; 7 — сахарная свекла; 8 — горох; 9 — озимые; 10 — пропашные.

В зоне недостаточного увлажнения возрастает роль чистых и ранних занятых паров. В севооборотах площадь под сахарной свеклой не должна превышать 17—18 % пахотных земель. На орошаемых землях вводят специальные свекловичные севообороты. Здесь наиболее эффективны севообороты с двумя полями люцерны, а на засоленных почвах — ее смеси с райграсом. В 9—10-польных севооборотах сахарная свекла может занимать до трех полей, или 30—33 % посевной площади.

В 8-польных севооборотах сахарную свеклу чаще всего возделывают в двух полях (25 %): 1, 2 — многолетние травы; 3 — озимая пшеница; 4 — сахарная свекла; 5 — кукуруза на силос; 6 — озимая пшеница; 7 — сахарная свекла; 8 — яровые с подсевом многолетних трав.

Табачные севообороты в табакководческих хозяйствах рекомендуется составлять с чередованием табака, озимой пшеницы и кукурузы, например 8-польный севооборот: 1 — зерновые бобовые; 2 — озимая пшеница; 3 — табак; 4 — кукуруза на зерно; 5 — озимый ячмень, пожнивно вика и пелюшка с озимой пшеницей; 6 — кукуруза на силос; 7 — озимая пшеница, пожнивно горох; 8 — кукуруза на зерно; 10-польный: 1 — зерновые бобовые; 2 — озимая пшеница; пожнивно кукуруза; 3 — табак; 4 — кукуруза на зерно; 5 — кукуруза на силос; 6 — озимая пшеница; 7 — табак; 8 — табак (50 %) и зерновые бобовые (50 %); 9 — озимая пшеница пожнивно, озимая вика с озимой пшеницей; 10 — кукуруза на зерно.

2.4.9. СЕВОБОРОТЫ В КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВАХ

Структура посевных площадей в крестьянских (фермерских) хозяйствах в значительной степени определяется регионом и ценовой политикой государства в отношении сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В подавляющем большинстве в крестьянских хозяйствах осваивают севообороты с короткой ротацией, узкой специализацией с учетом конъюнктуры рынка. Крестьянские хозяйства занимаются производством в основном растениеводческой продукции. Предпочтение отдают возделыванию зерновых, кормовых культур и картофеля. Возделывают культуры, требующие относительно малого разнообразия машин и механизмов.

Одновременно, где позволяют климатические условия, в фермерских хозяйствах начали возделывать пропашные культуры — сахарную свеклу, подсолнечник, картофель и крупяные — гречиху, просо. Возделывание этих культур без севооборота и несоблюдения агротехнических требований приводит к резкому снижению урожайности. После подсолнечника и гречихи поля зарастают палалицей, с которой без гербицидов бороться трудно.

В фермерских хозяйствах наиболее распространены следующие схемы севооборотов: 1 — однолетние травы; 2 — зерновые; 3 — картофель, корнеплоды, или 1 — ячмень + многолетние травы; 2 — многолетние травы; 3 — озимые, или 1 — многолетние травы; 2 — многолетние травы; 3 — овощи, картофель, корнеплоды; 4 — яровые зерновые + многолетние травы, или 1 — однолетние травы; 2 — озимые; 3 — сахарная свекла, картофель.

При построении севооборотов для экологического земледелия возникают трудности в удовлетворении потребностей растений в азоте, особенно в период конверсии (перехода от интенсивных технологий к экологическим). Это необходимо учитывать для того, чтобы не допустить резкого падения урожайности, в севообороте следует иметь больше кормовых культур на зеленую массу и культур, обогащающих почву азотом. Культуры, потребляющие азот почвы, должны размещаться в севообороте за культурами, обогащающими почву азотом (многолетние бобовые травы и их смеси со злаками, зерновые бобовые; культуры, под которые вносят органические удобрения) не позднее чем через 1—2 года.

Для экологического земледелия можно рекомендовать следующие севообороты:

зернотравянопропашной: многолетние травы — многолетние травы — озимая рожь (пожнивню рапс и др.) — картофель — ячмень — вико-овсяная смесь (занятый пар) — озимая пшеница (пожнивню рапс и др.) — сево с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой, клевер с люцерной и тимофеевкой и т. д.), или кле-

вер — озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) — картофель — ячмень (пшеница, овес) с подсевом клевера или клевер — озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) — гречиха — картофель — горох — ячмень (яровая пшеница, овес);

зернотравяной: многолетние травы — многолетние травы — озимая рожь (пожнивno рапс и др.) — горох — ячмень — вико-овсяная смесь (занятый пар) — озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) — овес с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой, клевер с люцерной и тимофеевкой и т. д.), или многолетние травы — многолетние травы — ячмень (яровая пшеница) — горох — озимые (рожь, тритикале) на зеленый корм с подсевом рапса, который подсевают после первого скашивания на зеленый корм — ранние силосные (смеси подсолнечника с бобовыми и другими культурами) — озимая пшеница (пожнивno рапс и др.) — овес с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой, клевер с люцерной и тимофеевкой и др.);

травопольный (сенокосно-пастбищный): многолетние травы — многолетние травы — многолетние травы — многолетние травы — однолетние травы (вика с овсом) с подсевом многолетних трав (смеси бобовых и злаковых).

Из предложенных схем севооборотов для экологического земледелия видно, что в какой-то мере теоретически они удовлетворяют требованию обеспечения растений азотом. Потребляющие азот культуры разьединены с обогащающими почву азотом культурами не более чем на 2 года. Соблюден также принцип плодосмена, что гарантирует регулирование засоренности полей сорняками и подавление болезней и вредителей растений. Однако все это весьма относительно и эффективно только в сочетании с другими агротехническими мероприятиями (обработка почвы, механические приемы ухода за посевами, посев и т. д.).

Главными звеньями названных севооборотов являются:

многолетние травы — зерновые с возделыванием после них пожнивных культур на зеленое удобрение;

пропашные (или занятые пары) — зерновые с внесением органических удобрений под пропашные или в занятых парах с посевом после озимых или раннеспелых яровых зерновых пожнивных культур на зеленое удобрение;

зернобобовые — зерновые (или крупяные).

Состав культур в севооборотах определяет специализацию хозяйства — животноводство и производство зерна и картофеля. Для экологического земледелия важно самообеспечение органическими удобрениями, так как применение минеральных азотных удобрений не рекомендуется.

Приводимые схемы севооборотов ориентированы в основном на животноводческие зоны с достаточной влагообеспеченностью.

В них мало пропашных культур, из которых присутствует картофель, так как только на картофельном поле можно обойтись без гербицидов, используя механические приемы ухода (боронование, обработка междурядий, окучивание). Посевы кукурузы на силос и корнеплодов в Нечерноземной зоне без гербицидов или без ручной прополки зарастают сорняками, поэтому здесь вместо этих культур следует возделывать силосные сплошного посева из смеси бобовых и других видов растений, способствующие при своевременной уборке снижению засоренности почвы и последующих культур. Силосные сплошного посева оставляют в почве большую массу корневых остатков. Аналогичное положение и в других зонах с благоприятной влагообеспеченностью.

Совершенно очевидно, что приводимые севообороты дают лишь общее направление, к которому следует стремиться. Для их совершенствования необходимо провести исследования в различных зонах страны. Первые опыты, начатые в НИИСХ Центральных районов Нечерноземной зоны на суглинистых дерново-подзолистых почвах, показали, что в приведенных выше наиболее эффективных звеньях севооборотов урожайность зерновых уступает таковой в интенсивных технологиях всего на 12—15 % в основном за счет менее благоприятной обеспеченности азотом.

Другая важная проблема — подавление сорной растительности. Проведено большое количество исследований в этом направлении, результаты которых необходимо учитывать при разработке севооборотов для экологического земледелия.

Под озимые и пропашные культуры вносят, как правило, органические удобрения, но они являются источником жизнеспособных семян сорняков. Для подавления сорняков необходимо применять гербициды, иначе поля зарастают ими.

2.4.10. ВВЕДЕНИЕ И ОСВОЕНИЕ СЕВОБОРОТОВ

Определение числа севооборотов, их видов и типов начинают с установления структуры посевных площадей, которая зависит от многих экономических и природных факторов. К этим факторам относят специализацию хозяйства, трудовые ресурсы, наличие пахотопригодных земель, климатические и почвенные условия, плановые задания, спрос и предложения рынка.

Из климатических показателей необходимы средние многолетние данные о количестве и распределении осадков, температурном режиме, начале и продолжительности безморозного периода, характеристике ветров, периодичности проявления неблагоприятных условий (засуха, заморозки, пыльные бури и др.).

Характеристика почвенных и гидрологических условий должна содержать распределение почв с указанием их свойств, сведения о рельефе, данные о проявлении эрозии и др.

К нормативным показателям относятся урожайность сельскохозяйственных культур, природных кормовых угодий, пастбищ, сенокосов, продуктивность животных, рационы кормления и др. Одновременно с этим определяют состав и внедрение в севообороты новых ценных высокоурожайных культур.

Один из основоположников русской агрономической науки И. А. Стебут рекомендовал разрабатывать севообороты для каждого хозяйства, «не копируя никого, но участь у всех».

При внедрении севооборотов различают два этапа: введение и освоение.

Введение севооборота. *Введением* севооборота называют разработку, утверждение и перенесение проекта севооборотов на территорию хозяйства. Введенным считают севооборот с утвержденными в установленном порядке структурой посевных площадей и чередованием культур и проект которого перенесен на территорию хозяйства. Разрабатывают проект системы севооборотов в хозяйстве специалисты. Одновременно с разработкой проекта составляют перспективный план развития в соответствии с принятой системой ведения хозяйства и установленной структурой посевных площадей.

Перед началом работ по составлению проекта системы севооборотов обследуют состояние и использование земельных угодий хозяйства. Одновременно намечают расположение полевых, кормовых и специальных севооборотов, постоянных пастбищ, полевых станов и т. д. с учетом возможности размещения животноводческих ферм, водоемов и др.

Участки под сады и ягодники выделяют с учетом биологических требований, предъявляемых плодово-ягодными культурами в первую очередь к температурному режиму, тесно связанному с рельефом местности и экспозицией склона.

Наиболее пригодны для садов средние части пологих склонов большой протяженности с крутизной от 3 до 10°. Высокие и низкие элементы рельефа менее желательны, так как первые подвержены более сильным ветрам, а вторые — скоплению холодного воздуха и заморозкам. В Нечерноземной зоне под сады наиболее пригодны южные и юго-западные склоны.

В северных частях Центрально-Черноземной зоны западные и юго-западные склоны наиболее пригодны для размещения садов с семечковыми культурами. В южных частях этих областей с периодическими засухами лучшие — северо-западные и северные склоны. Для сада подходят теплые надпойменные речные террасы.

После выделения участков под хозяйственные центры, сады, лесные полосы и т. д. подсчитывают площади пашни, природных сенокосов и пастбищ с учетом возможности перевода отдельных участков из одной группы угодий в другую. При этом, конечно, учитывают и участки, которые подлежат освоению.

Освоение севооборотов. *Освоением* называют осуществление плана перехода к вводимым севооборотам. План перехода к севообороту, т. е. установление временного чередования культур и комплекса агротехнических мероприятий в период освоения севооборота, разрабатывают одновременно с проектированием системы севооборотов. Для этого по каждому севообороту составляют *переходную таблицу* — схему размещения возделываемых культур по полям на период освоения севооборота. Необходимо точно установить культуры и площадь, занимаемую ими, на каждом поле на момент составления таблицы. Надо знать, по каким предшественникам лучше размещать те или иные культуры, какие вносить удобрения под них, каковы гранулометрический состав почвы, степень окультуренности каждого поля, а также характер и степень засоренности.

При включении в севооборот одного или двух полей с почвой, резко различающейся главным образом по гранулометрическому составу или степени эрозии, следует эти поля сделать выводными, заранее предусмотрев на них чередование более приспособленных культур. Например, на песчаных почвах хорошо растет многолетний люпин, на карбонатных — люцерна, которые можно выращивать на одном поле длительное время. В последнем случае люцерну можно чередовать с кукурузой.

В первые годы освоения севооборота следует объединить разбросанные по отдельным полям культуры в целые массивы, размещая их по предусмотренным предшественникам. Ведущие культуры необходимо размещать по лучшим для них предшественникам. В переходный период следует проводить дополнительные меры для получения высоких урожаев. При необходимости размещения некоторых культур не по лучшим предшественникам применяют повышенные дозы удобрений, химическую прополку сорняков и другие меры.

Составляя переходные таблицы, вначале намечают по полям такие культуры, которые уже были посеяны в прошлые годы (многолетние травы и озимые), затем отводят лучшие места для наиболее требовательных культур и, наконец, размещают оставшиеся культуры.

Освоенным считают севооборот, в котором размещение культур по полям соответствует принятой схеме и соблюдаются границы полей севооборота. Надо стремиться к ежегодному выполнению намеченных работ по освоению севооборота, размещая куль-

туры по предусмотренным предшественникам, но совершенно недопустимо неизменно следовать раз установленному порядку чередования культур, не внося необходимых исправлений.

В Нечерноземной зоне размещение таких требовательных культур, как корнеплоды, картофель, силосные и другие пропашные, тесно связано с плодородием полей. Недопустимо возделывание этих культур без внесения на слабокультурных полях достаточного количества органических и минеральных удобрений. Нельзя их высевать и на неосушенных, избыточно увлажненных почвах. В этом случае приходится отклоняться от намеченной переходной таблицы и временно размещать требовательные культуры на лучших полях до окультуривания остальных участков.

От намеченного плана перехода к севообороту приходится отступать и в случае гибели озимых культур, заменяя их яровыми. Более того, еще осенью надо решать вопрос о целесообразности посева озимых зерновых культур или замены их яровой пшеницей. Например, если в засушливых районах после непаровых предшественников ко времени посева озимых культур почва не будет достаточно влажной и ожидается засушливая осень, следует заменить озимые культуры яровыми.

Порядок составления плана освоения 5-польного севооборота приведен в таблице 14.

14. План освоения 5-польного севооборота

Поле	Площадь пашни, га	Фактическое размещение культур			
		в предыдущем году		в текущем году	
1	120	Корнеплоды	50	Вико-овсяная смесь (озимые)	70
2	119	Овес	70	Овес	50
		Картофель ранний	90	Яровая пшеница	119
		Ячмень	29		
3	115	Кукуруза на силос	80	Овес	80
4	117	Многолетние травы	35	Корнеплоды	35
		Овощные культуры	30	Овес	100
		Яровая пшеница	70	Вико-овсяная смесь (озимые)	17
5	118	Силосные	17	Картофель	50
		Озимая рожь	50	Корнеплоды	68
		Ячмень	68		

Продолжение по горизонтали

Поле	Площадь пашни, га	План размещения культур в годы освоения					
		в первый		во второй		в третий	
1	120	Озимые	70	Лен	120	Картофель	120
		Корнеплоды	50				

По- ле	Пло- щадь паш- ни, га	План размещения культур в годы освоения					
		в первый	га	во второй	га	в третий	га
2	119	Картофель	59	Ячмень с под- севом много- летних трав	119	Многолетние травы	119
3	115	Лен Вико-овсяная смесь (озимые)	60 115	Озимые	115	Лен	115
4	117	Яровая пшеница	100	Картофель Корнеплоды	100 17	Ячмень с под- севом многолет- ных трав	117
5	118	Озимые Ячмень с под- севом много- летних трав	17 118	Многолетние травы	118	Озимые	118

Севообороты с выводным полем. В полевых и кормовых севооборотах часто применяют выводные поля, на которых широко возделывают многолетние травы, кукурузу и другие культуры.

Чтобы внедрить севооборот с выводным полем, необходимо определить, какое поле будет выводным и сколько лет его будут использовать. Кроме того, необходимо соблюдать научно обоснованное чередование культур и без выводного поля. В качестве примера рассмотрим 5-польный севооборот: 1 — занятый пар; 2 — озимые; 3 — картофель; 4 — яровые + люцерна; 5 — люцерна. При соблюдении чередования культур на всех полях надо ежегодно распахивать поле с люцерной и одновременно каждый год подсеивать ее в другом поле под яровые. Это нерационально, так как люцерна дает максимальные урожаи на 2—3-й год пользования. Ежегодная распашка не позволяет получать планируемые урожаи, кроме того, увеличиваются расход семян люцерны и объем работы. В таких случаях целесообразно поле люцерны сделать выводным. Его выводят из севооборота на 3—4 года или на полную ротацию на 5 лет. Через 5 лет использования люцернового поля распахивают, а вместо него из севооборота выводят другое поле, на котором в предыдущем году подсевали люцерну.

Можно заранее не устанавливать срок использования люцерны до тех пор, пока урожаи достаточно высоки. Когда урожаи люцерны снижаются, использовать ее для получения кормов невыгодно. Поле распахивают или отводят под пастбища. При планировании распашки люцерны осенью необходимо весной этого года подсеять люцерну под яровые, чтобы в следующем году получить полноценные урожаи. Независимо от периода использования люцерны она всегда будет занимать одно поле, а на остальных полях можно будет ежегодно чередовать культуры в установленном порядке.

Основная причина преобразования севооборота заключается в необходимости замены чистого пара более продуктивным занятым и подсева многолетних трав к яровым культурам.

Размещение севооборотов на территории. Количество севооборотов и их расположение на территории хозяйств устанавливают с учетом почвенных условий и внутрихозяйственной специализации. Для этих целей используют почвенные карты, агрохимические картограммы и карты засоренности полей.

Прифермские севообороты располагают по возможности вблизи ферм; овощные севообороты — на лучших, наиболее плодородных почвах, около водных источников для полива, с удобными подъездными путями.

В каждом севообороте поля должны быть не только равновеликими по площади (допускается отклонение до 5 % от средней величины поля), но и по возможности однородного гранулометрического состава, так как на легких и тяжелых почвах все работы проводят в разное время.

При размещении овощных севооборотов необходимо учитывать зависимость микроклимата от рельефа местности и направления склонов. Безморозный период на южных склонах длиннее на неделю, чем на северных. Преимущества южных склонов для получения высоких урожаев теплолюбивых культур широко используют многие передовые хозяйства.

В степных и лесостепных районах при составлении и размещении севооборотов необходимо увязывать проведение противоэрозионных мероприятий с организацией специальных почвозащитных севооборотов на территории, наиболее сильно подверженной водной и ветровой эрозии.

При введении севооборотов недопустимо, чтобы площади и конфигурация полей затрудняли механизацию сельскохозяйственных работ. Поля севооборота надо располагать так, чтобы они по возможности имели форму правильного четырехугольника, приближающегося к квадрату, где удобно обрабатывать почву вдоль и поперек поля. Границы полей должны совпадать с естественными границами отдельных участков — рекой, ручьем, оврагом, проезжей дорогой и т. д.

Длинные стороны полей должны быть параллельными и проходить поперек склона и только в районах избыточного увлажнения — под некоторым углом к нему. Тогда при обработке почва будет задерживать воду и препятствовать развитию эрозии, а в условиях избыточного увлажнения обеспечит плавный сток излишней воды.

В Нечерноземной зоне культурные пастбища располагают недалеко от молочных ферм. Это устраняет необходимость постройки летних лагерей и дополнительных доильных установок, так как скот на дойку, а в плохую погоду и на ночлег пригоняют на ферму.

Соблюдение севооборотов. За соблюдением севооборотов осуществляют постоянный контроль. В каждом хозяйстве ведут шнуровую *книгу истории полей* севооборотов — агропроизводственный документ, отражающий историю каждого поля севооборота и достигнутый уровень культуры земледелия в хозяйстве.

В книге истории полей севооборотов приводят данные о состоянии земельного фонда и его краткую характеристику. В ней должно быть отмечено, когда и на какой площади был введен севооборот (полевой, кормовой, специальный); приведены схемы и план перехода к новому севообороту, плановая и фактическая площадь посева культур, чистых и занятых паров; указаны краткая характеристика поля, рельеф, гранулометрический состав почвы, ее физические и химические свойства, возможность пахотного горизонта и содержание подвижных форм основных элементов питания, фитосанитарное состояние и др.

Ежегодно по каждому полю записывают название высеянной культуры и сорт, площади, сроки и дозы внесения органических и минеральных удобрений, сроки посева и качество семян, способы, сроки и глубину обработки почвы, сроки уборки урожая, противоэрозионные мероприятия и т. д.

Книга истории полей помогает решать вопросы более рационального использования земли (пашни), определять экономическую эффективность отдельных агротехнических и других мероприятий и всего комплекса мер по сохранению и повышению плодородия почвы.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое севооборот? 2. В чем различия между севооборотом, бессменным посевом, повторным посевом и монокультурой? 3. Назовите культуры, возделывание которых возможно при повторных посевах. 4. Какие культуры при повторном возделывании резко снижают урожайность? 5. Что такое предшественник? 6. Что такое структура посевных площадей? 7. По каким предшественникам размещают главные сельскохозяйственные культуры в основных зонах страны? 8. Какая существует классификация паров? 9. Что положено в основу классификации севооборотов? 10. Укажите типичные севообороты по зонам страны: полевые, овощные, кормовые. 11. Каковы особенности севооборотов в орошаемом земледелии? 12. Для чего нужны почвозащитные севообороты? 13. В чем состоят особенности севооборотов для крестьянских (фермерских) хозяйств? 14. Что такое введение и освоение севооборота? 15. Расскажите о переходной и ротационной таблицах. 16. Какие условия необходимо соблюдать после освоения севооборота? 17. Что такое книга истории полей? 18. Какое агротехническое и организационно-экономическое значение имеет севооборот в повышении плодородия почвы, получении высоких и стабильных урожаев?

2.5. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

2.5.1. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Обработкой почвы называется механическое воздействие на почву рабочими органами машин и орудий с целью создания наилучших условий для возделываемых растений. Эти условия формируются в первую очередь в результате изменения агрофизических параметров плодородия почвы, от которых зависят водно-воздушный и тепловой режимы. Влияние механической обработки почвы на пищевой режим осуществляется через почвенную биоту.

Обработка почвы улучшает структурное состояние и строение пахотного слоя. При рыхлении увеличивается общая пористость и уменьшается объем капиллярных пор. Это приводит к снижению капиллярного и повышению конвекционно-диффузного испарения влаги, а также к улучшению прогревания почвы. Наоборот, при уплотнении почвы общая пористость уменьшается и изменяется соотношение объема разных по величине пор в сторону увеличения капиллярных. Это создает благоприятные условия для подтока влаги из нижних слоев к верхним и снижения аэрации почвы, что сказывается на интенсивности аэробных процессов. Следовательно, регулируя степень уплотнения почвы посредством обработки, можно в значительной мере воздействовать на сохранение и накопление влаги, а также на условия жизнедеятельности почвенной микрофлоры.

При улучшении воздухо- и теплопроницаемости почвы при достаточной влажности активизируются биологические процессы. Благодаря им повышается содержание усвояемых растениями питательных веществ за счет трансформации труднодоступных минеральных и органических соединений. При этом следует подчеркнуть важную роль обработки почвы в воспроизводстве органического вещества, являющегося фундаментом плодородия. Поддерживая почву в рыхлом состоянии, обработка создает условия для интенсивной минерализации гумуса и ведет к уменьшению его содержания. При более плотном сложении почвы минерализация снижается и складываются лучшие условия для гумификации органического вещества.

Обработка почвы — основной способ борьбы с сорняками, вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных растений. Она играет важную роль в повышении эффективности средств защиты растений, а также удобрений, мелиорации и других факторов интенсификации.

Наряду с положительным действием обработки на почвенное плодородие ее применение без учета зональных почвенно-клима-

тических условий может привести к отрицательным последствиям: развитию водной и ветровой эрозии, чрезмерному уплотнению или распылению почвы и др. Наличие таких процессов снижает плодородие и продукционную способность почв. Поэтому знание научных основ современного земледелия позволит усилить положительное и уменьшить отрицательное действие обработки на воспроизводство плодородия почвы. Кроме того, разработка и совершенствование приемов и систем обработки почвы на основе достижений в смежных науках с учетом зональных особенностей и отдельных культур способствуют снижению энергетических и трудовых затрат.

Теоретические основы и задачи обработки заключаются в следующем:

без обработки почвы невозможно создать искусственные агрофитоценозы для возделывания культурных, как правило, однолетних растений;

за счет обработки почвы можно изменить дифференциацию пахотного слоя по плодородию, т. е. создать гомогенный слой на нужную глубину взамен гетерогенного (природного, имеющего различия по плодородию) слоя почвы;

защита почвы от всех видов деградации, развития водной и ветровой эрозии;

воспроизводство плодородия почвы в нужном направлении;

создание благоприятных водно-воздушного и теплового режимов путем изменения строения пахотного слоя почвы и ее структурного состояния, т. е. необходимого соотношения твердой, газообразной и жидкой фаз почвы;

улучшение питательного режима в результате воздействия на жизнедеятельность почвенной биоты;

улучшение фитосанитарного потенциала, борьба с засоренностью почвы и посевов, с вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных культур;

заделка в почву растительных и пожнивных остатков и удобрений на нужную глубину;

создание необходимых условий для разработки и освоения современных агротехнологий.

Строение (сложение) пахотного слоя характеризуется соотношением объемов, занимаемых твердой фазой почвы и различными видами пор. Оно зависит от гранулометрического и агрегатного состава почвы, ее водопрочности и содержания в ней органического вещества.

Чем тяжелее гранулометрический состав (суглинистых, глинистых почв) и меньше содержание гумуса, тем шире диапазон варьирования величины общей пористости (суммы всех пор), а следовательно, и соотношения крупных и мелких пор. Напротив, в по-

чвах, легких по гранулометрическому составу (супесчаных, песчаных), общая пористость может изменяться в сравнительно узких интервалах с преобладанием крупных некапиллярных пор. Поэтому чем беднее гумусом и тяжелее по гранулометрическому составу почва, тем интенсивнее надо обрабатывать ее различными орудиями с целью поддержания наилучших условий для возделывания сельскохозяйственных растений. Легким почвам требуется меньше рыхления.

Рыхление почвы способствует увеличению общей и межагрегатной (некапиллярной) пористости, повышению водо- и воздухопроницаемости. Сильное уплотнение почв, особенно тяжелых по гранулометрическому составу и бедных гумусом, вызывает не только понижение водопроницаемости, но и уменьшение доступной для растений влаги. Однако при значительном увеличении общей пористости, сопровождаемом образованием больших промежутков между комками почвы, резко усиливается диффузное испарение влаги. Образованию таких промежутков способствует наличие в почве крупных агрегатов (>10 мм) и в особенности глыб (>50 мм). Кроме того, плотные глыбы плохо увлажняются, быстро высыхают, снижают полевую всхожесть семян. Поэтому очень важно, чтобы почва имела определенную степень уплотнения и не содержала глыб.

С увеличением общей пористости почвы ее теплоемкость уменьшается, что способствует более быстрому прогреванию обрабатываемого слоя. Это особенно важно в районах достаточного и избыточного увлажнения.

Почва под влиянием смены времен года, силы тяжести, выпадающих осадков и других факторов самоуплотняется и разрыхляется до *равновесной плотности*, величина которой зависит от типа и разновидности почвы. В естественных условиях этот процесс занимает около двух лет. У дерново-подзолистых почв величина равновесной плотности значительно больше, чем у чернозема. Поэтому таким почвам необходима различная степень обработки как по количеству приемов, так и по глубине.

Для характеристики соответствия строения пахотного слоя почвы требованиям растений применяют показатель *оптимальной плотности*, при которой складываются наиболее благоприятные условия для роста сельскохозяйственных культур. Так, для пропашных культур оптимальная плотность на всех типах почв меньше, чем для зерновых (табл. 15).

На почвах, где равновесная плотность близка к оптимальной для культурных растений, интенсивные обработки до посева и при уходе не требуются. Более того, при недостатке влаги рыхление иссушает почву и способствует развитию ветровой эрозии.

15. Равновесная и оптимальная плотность почвы, г/см³

Почва	Гранулометрический состав	Равновесная плотность	Оптимальная плотность для культур	
			зерновых	пропашных
Дерново-подзолистая	Песчаная связная	1,5—1,6	—	1,4—1,5
	Супесчаная	1,3—1,4	1,20—1,35	1,10—1,45
Дерново-карбонатная	Суглинистая	1,35—1,5	1,1—1,3	1,0—1,2
	»	1,4—1,5	1,10—1,25	1,0—1,2
Дерново-глееватая	»	1,4	1,2—1,4	—
Луговая пойменная	»	1,15—1,20	—	1,0—1,2
Серая лесная	Тяжелосуглинистая	1,4	1,15—1,25	1,0—1,2
Чернозем	Суглинистая	1,0—1,3	1,2—1,3	1,0—1,3
Каштановая	»	1,20—1,45	1,1—1,3	1,0—1,3
Серозем	»	1,5—1,6	—	1,2—1,4
Болотная	Степень разложения торфа 35—40 %	0,17—0,18	—	0,23—0,25

На тяжелых слабоструктурных почвах, в которых равновесная плотность значительно больше оптимальной, без интенсивного рыхления создать благоприятное сложение невозможно.

Степень уплотнения почвы чаще всего должна быть дифференцированной по частям пахотного слоя. Семена культурных растений лучше прорастают на уплотненной почве, сверху прикрытой более рыхлым слоем. В этом случае вода по капиллярам поднимается к ложу семени, способствуя быстрому их набуханию, а верхний рыхлый слой препятствует испарению. Это обусловлено тем, что при высокой влажности в уплотненной почве усиливается капиллярный подток влаги к поверхности, а в рыхлой почве снижение влажности до разрыва капиллярной связи повышает диффузное испарение влаги. Поэтому сочетание рыхлого поверхностного и уплотненного нижележащего слоев предохраняет почвенную влагу от быстрого испарения.

Обработка почвы, воздействуя положительно на водно-воздушный и тепловой режимы, способствует активизации почвенной биоты и биохимических процессов, происходящих в почве. В результате увеличивается содержание доступных для растений питательных веществ. Однако приемами обработки можно не только стимулировать, но и ослаблять биологическую активность почвы, тем самым регулируя процессы минерализации органического вещества, а также накопление фитотоксических веществ.

При обработке в почву заделываются растительные остатки и удобрения на разную глубину в зависимости от почвенно-климатических условий и биологических особенностей культурных растений.

При соблюдении зональных особенностей обработки почвы можно эффективно бороться с сорной растительностью, вредителями и возбудителями болезней полевых культур. Это достигается путем изменения глубины и сроков обработки, создания благоприятных условий для прорастания семян и вегетативных органов размножения сорняков с последующим их уничтожением, глубокой заделки или выворачивания зачатков тех вредителей, которые проходят стадии развития на некоторой глубине почвы.

Применение специальных приемов обработки в районах водной и ветровой эрозии защищает почвы от смыва и выдувания.

Создание рыхлого поверхностного слоя или его уплотнение, поделка гряд и гнезд позволяют заделывать семена сельскохозяйственных культур на требуемую глубину и обеспечивают дружное и наиболее полное их прорастание, а в дальнейшем и лучший рост растений.

2.5.2. СПОСОБЫ, ПРИЕМЫ И СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

При обработке механическое воздействие на почву рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин с целью создания оптимальных условий для жизни растений обеспечивается различными способами, приемами и системами обработки почвы.

Способы механической обработки почвы. Это характер и степень воздействия рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин на изменение профиля (сложение), генетическую и антропологическую разнокачественность обрабатываемого слоя почвы в вертикальном направлении. Различают следующие способы.

Безотвальный способ. Это воздействие рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин на почву без изменения расположения генетических горизонтов и дифференциации обрабатываемого слоя по плодородию в вертикальном направлении с целью рыхления или уплотнения почвы, подрезания подземных и сохранения надземных органов растений на поверхности почвы. При этом способе на поверхности почвы сохраняется стерня (жнивье).

Отвальный способ. Это воздействие рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин на почву с полным или частичным оборачиванием обрабатываемого слоя с целью изменения местоположения разнокачественных слоев или генетических горизонтов почвы в вертикальном направлении в сочетании с усиленным рыхлением и перемешиванием почвы, подрезанием подземных и заделкой надземных органов растений и удобрений в почву.

Роторный способ. Это воздействие на почву вращающимися рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин с целью устранения дифференциации обрабатываемого слоя по слоению и плодородию активным крошением и тщательным перемешиванием почвы, растительных остатков и удобрений с образованием гомогенного (однородного) слоя почвы.

Комбинированные способы. Это различные сочетания по горизонтам и слоям почвы, а также по срокам проведения безотвального, отвального и роторного способов обработки.

Применение того или иного способа обработки обусловлено ее задачами, климатическими условиями, типом почвы и степенью ее окультуренности, требованиями возделываемых культур и др.

Приемы механической обработки почвы. Однократное воздействие на почву различными почвообрабатывающими орудиями и машинами тем или иным способом с целью осуществления одной или нескольких технологических операций на определенную глубину называют *приемом механической обработки почвы*.

В зависимости от глубины обработки почвы выделяют четыре группы приемов: поверхностной, обычной (средней), глубокой и сверхглубокой обработки почвы.

Приемы поверхностной обработки почвы: прикатывание, боронование, дискование, лушение жнивья, культивация, шлейфование, лункование.

Приемы обычной (средней) обработки почвы: вспашка и безотвальное рыхление.

Приемы глубокой обработки почвы: безотвальная обработка плугами Т. С. Мальцева, плоскорезная обработка, щелевание, кротование, вспашка плугами с вырезными корпусами.

Приемы сверхглубокой обработки почвы: плантажная двухслойная и трехслойная вспашка.

Системы обработки почвы. Совокупность способов и приемов основной, предпосевной и послепосевной обработки почвы, выполняемых в определенной взаимосвязанной последовательности, вытекающей из основных задач, обусловленных биологией возделываемых культур, их местом в севообороте и зональными почвенно-климатическими особенностями, называют *системой механической обработки почвы*.

2.5.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Почвообрабатывающие орудия выполняют следующие технологические операции: оборачивание, рыхление, крошение, уплотнение, перемешивание, выравнивание почвы, подрезание сорня-

ков, создание гребней и борозд, сохранение стерни на поверхности почвы.

Оборачивание. Это взаимное перемещение частей пахотного слоя или горизонтов почвы в вертикальном направлении. Необходимость оборачивания вызвана дифференциацией слоев пахотного слоя по плодородию почвы. За время возделывания сельскохозяйственных растений верхний слой уплотняется в результате разрушения структурных агрегатов, иссушается, засоряется семенами сорных растений, а нижний — обедняется питательными веществами из-за снижения микробиологической деятельности в условиях отсутствия поступления свежего растительного материала. Оборачивание также необходимо для заделки в почву растительных остатков и удобрений. Осуществляют эту операцию с помощью отвальных плугов и лушильников.

Наряду с положительными действиями оборачивание имеет и отрицательные стороны: в условиях недостаточного увлажнения при такой обработке теряется много влаги и снижается эрозионная устойчивость почвы.

Рыхление. Изменяет взаимное расположение почвенных отдельностей с образованием крупных пор и увеличением объема почвы. Благодаря этой операции улучшается водно-воздушный и тепловой режимы, усиливается биологическая активность почвы, увеличивается накопление усвояемых растениями питательных веществ. Выполняют рыхление в той или иной мере почти всеми почвообрабатывающими орудиями.

Крошение. Под крошением почвы подразумевают уменьшение размеров почвенных структурных отдельностей. При нем крупные комки и глыбы распадаются на мелкие комочки. Это необходимо для создания при обработке почвы мелкокомковатой структуры. Крошение осуществляют многими орудиями, но наиболее эффективно ротационными, особенно фрезами.

Уплотнение. Это противоположная рыхлению операция, которая приводит к изменению взаимного расположения почвенных отдельностей с образованием мелких пор и уменьшением объема почвы.

Уплотнение необходимо для уменьшения диффузного испарения влаги, равномерной заделки семян при посеве, особенно мелкосемянной культуры, и для улучшения контакта семян с почвой после посева.

Уплотнение осуществляют различными катками.

Перемешивание. Изменение взаимного расположения почвенных отдельностей, обеспечивающее более однородное состояние обрабатываемого слоя. Оно требуется при внесении органических удобрений, извести, фосфоритной муки, а также при создании более мощного пахотного слоя путем вовлечения подпахотных сло-

ев. Перемешивание происходит при обработке плугами без предплужников, фрезами, отвальными и дисковыми лушительниками.

При глубокой заделке семян и вегетативных органов размножения сорных растений перемешивание нежелательно.

Выравнивание. Уменьшает неровности поверхности почвы; его осуществляют во всех природных зонах. Выравнивание особенно необходимо для равномерной по глубине заделки семян и создания одинаковых водных и тепловых условий в почве. Невыровненное поле теряет больше влаги, неравномерно прогревается, что приводит к неодинаковой биологической активности и различному накоплению питательных веществ по элементам микрорельефа. В результате разноглубинной заделки семян и неодинакового плодородия почвы в повышенных и пониженных местах микрорельефа всходы появляются недружно и бывают изрежены.

Выравнивание — обязательная технологическая операция при поверхностном орошении. При предпосевном выравнивании почвы создаются лучшие условия для равномерного распределения воды при поливе.

Для выравнивания поверхности почвы применяют бороны, культиваторы, шлейфы, катки, волокуши, грейдеры и другие орудия.

Подрезание сорняков. Проводят одновременно с рыхлением, перемешиванием и оборачиванием почвы. Однако применяют и специальные приемы обработки почвы с использованием культиваторов с одно- и двусторонними лапами-бритвами, ножевыми лапами, а также штанговые и др.

Создание микрорельефа (борозд, гребней, гряд, щелей, лунок, микролиманов и др.). Применяют в основном в зоне избыточного увлажнения и на склоновых землях. Борозды, гребни и гряды создают для отвода излишней воды и улучшения газообмена, ускорения прогревания почвы и активизации процессов превращения питательных веществ.

На полях, подверженных водной эрозии, создание прерывистых борозд, гребней, щелей, лунок способствует снижению поверхностного стока, предупреждению смыва почвы и увеличению ее влагозапасов.

Для формирования микрорельефа используют окучники, плуги со специальными приспособлениями, грядоделатели, лункоделатели, щелерезы и другие орудия.

Сохранение стерни на поверхности почвы. Стерня снижает скорость ветра в приземном слое почвы и предохраняет ее от выдувания, способствует задержанию снега, уменьшению глубины промерзания и накоплению влаги в почве. При обработке почвы с сохранением стерни на поверхности также создаются благопри-

ятные условия для поглощения летних осадков и предохранения влаги от испарения.

Сохранения стерни на поверхности почвы достигают применением комплекса противоэрозионных орудий и машин: культиваторов-плоскорезов-глубококорыхлителей, культиваторов-плоскорезов, культиваторов-плоскорезов-удобрителей, культиваторов штанговых, борон игольчатых, лушительников-сеялок, сеялок стерневых, чизельных плугов, чизельных глубококорыхлителей, плугов-рыхлителей «Параплау», плугов общего назначения с безотвальными рабочими органами ЛП-0,35 (стойка СИБИМЭ) и др.

2.5.4. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ) СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ

К основным физико-механическим свойствам почвы, от которых зависит качество обработки почвы, относятся пластичность, липкость, связность и физическая спелость.

Пластичность. Это способность почвы изменять свою форму под влиянием внешних сил без образования трещин и длительно сохранять ее. Пластичностью обладают глинистые, суглинистые и частично супесчаные почвы во влажном состоянии. В сухом и в переувлажненном состоянии почвы непластичны.

Влажность почвы, при которой она начинает течь, называют *верхним пределом пластичности*, или *пределом текучести*. Наименьшая величина влажности, при которой почву еще можно раскатать в шнур, соответствует *нижнему пределу пластичности*.

На пластичность почвы влияют состав коллоидной фракции, состав поглощенных катионов и содержание гумуса. Наибольшей пластичностью отличаются солонцовые глинистые почвы, содержащие обменный натрий, наименьшей — почвы, насыщенные кальцием и магнием. С увеличением гумусированности почвы пластичность уменьшается.

Липкость. Это свойство влажной почвы прилипать к другим телам. На липкость существенно влияет гранулометрический состав почвы. Глинистые почвы обладают большей липкостью, чем песчаные.

При повышении степени насыщения почвы кальцием липкость снижается и, наоборот, при возрастании насыщенности натрием липкость увеличивается.

Прилипание почвы к рабочим органам орудий и машин увеличивает тяговое сопротивление и ухудшает качество обработки.

Связность. Это способность почвы оказывать сопротивление внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Она зависит от гранулометрического и минералогического со-

ставов, структуры и влажности почвы и других факторов. Наименьшую связность имеют песчаные почвы, наибольшую — глинистые. Малоструктурные почвы характеризуются максимальной связностью.

В сухом состоянии связность почвы наибольшая. По мере увлажнения почвы ее связность уменьшается и достигает наименьшего значения при влажности, характеризующей физическую спелость почвы.

Физическая спелость. Это такое состояние почвы, при котором она не прилипает к органам сельскохозяйственных орудий и хорошо крошится. Такое состояние почва приобретает в определенном интервале влажности.

В зависимости от гранулометрического состава и других свойств почвы влажность физической спелости изменяется от 60 до 90 % наименьшей влагоемкости (НВ). Весной физическая спелость раньше других наступает у песчаных и супесчаных почв, так как интервал влажности, при котором их можно обрабатывать, шире, чем у тяжелых почв. Наиболее пластичные глинистые солонцовые почвы поддаются обработке при меньшем увлажнении, чем несолонцовые. При высоком содержании гумуса почвы раньше успевают по сравнению с малогумусными.

Для придания почве благоприятной структуры ее необходимо обрабатывать в состоянии физической спелости. При обработке суглинистых и глинистых почв в спелом состоянии они легко крошатся на комки оптимального размера. При вспашке почвы в переувлажненном состоянии образуется сплошной пласт, который быстро теряет воду, и дальнейшее его разделяние сильно разрушает структуру. Вспашка сухой почвы сопровождается появлением крупных глыб и комков.

Наряду со снижением качества обработки незрелых почв возрастают тяговые усилия и расход топлива: на сухой почве вследствие повышенной связности, а на переувлажненной — вследствие увеличения липкости.

Структурное состояние почвы влияет на диапазон оптимальной влажности, при которой наступает физическая спелость. Комковатая почва имеет меньшую связность и липкость при той же влажности, что и распыленная почва. Поэтому интервал влажности для хорошей обработки на структурных почвах шире, чем на плохо оструктуренных.

Наступление физической спелости почвы можно определить следующим образом: в нескольких местах на поле берут неполную горсть почвы, слегка ее сжимают и с высоты пояса человека роняют на землю. При этом спелая суглинистая и супесчаная почва распадется на мелкие комочки, а глинистая при падении не изменит сделанной в руке формы. Незрелая (переувлажненная) почва

при падении сплющится. Физическая спелость почвы в пределах одного поля наступает одновременно, поэтому обработку надо проводить выборочно, по мере подсыхания отдельных участков. В первую очередь почва поспевает на южном и на более крутых склонах, а затем на северных и пологих.

Для высококачественной обработки почвы необходимо изучить почвенные условия каждого поля и его участков, чтобы своевременно определить наступление физической спелости.

С увеличением скорости движения агрегатов при обработке почвы интервал оптимальной влажности возрастает, что позволяет проводить вспашку при более высокой влажности почвы. Так, по данным Г. У. Бахтина, при увеличении скорости движения пахотного агрегата с 3,8 до 5,2 км/ч предельная относительная влажность спелой почвы повысилась на 7—17 %.

При увеличении скорости движения агрегатов на вспашке черноземов почва лучше крошится и уменьшается гребнистость вспашки. Повышение скорости движения почвообрабатывающих агрегатов экономически и агротехнически целесообразно не только на вспашке, но и при культивации, лушении, прикатывании и бороновании. При увеличении скорости движения трактора на культивации до 10—11 км/ч количество крупных глыб в среднем за 3 года уменьшилось на 24—28 %, гребнистость вспашки — на 34—39, твердость ее в слое 0—18 см — на 8,6—27 % при одновременном повышении производительности агрегата на 24—30 % (Пермская ГСХА).

2.5.5. ПРИЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Под приемом обработки почвы понимают однократное воздействие на почву почвообрабатывающими машинами и орудиями. Каждый прием обработки почвы выполняет одну или несколько технологических операций.

Основной считают первую наиболее глубокую обработку почвы после предшествующей культуры.

Вспашка. Это прием обработки почвы, который обеспечивает оборачивание и рыхление обрабатываемого слоя почвы, а также подрезание корневой системы растений, заделку удобрений и растительных остатков. Вспашку на глубину менее 20 см считают мелкой, 20—22 — нормальной, от 23 до 40 — глубокой, глубже 40 см — плантажной. Качество вспашки зависит от формы отвала плуга. Плуги с винтовыми отвалами хорошо оборачивают пласт, но плохо крошат почву; с цилиндрическими отвалами, наоборот, хорошо крошат, но плохо оборачивают. Плуги с культурными отвалами при хорошем крошении обеспечивают лучшее оборачивание пласта, чем с цилиндрическими (рис. 38).

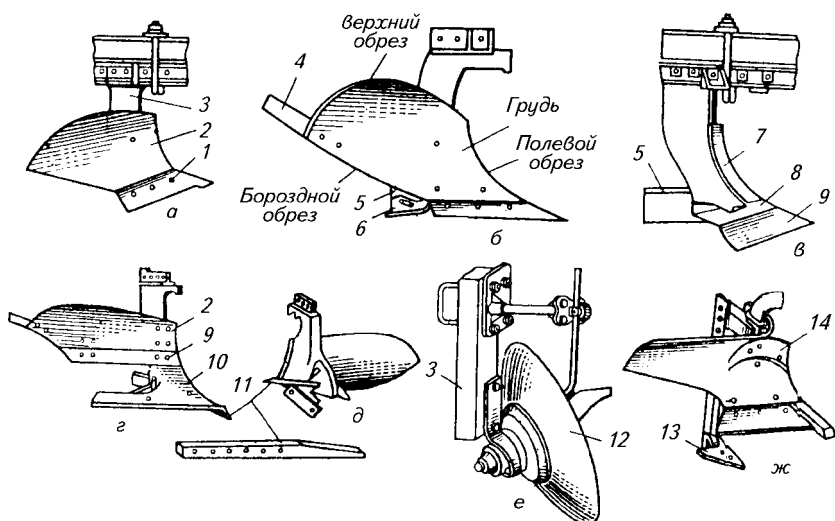


Рис. 38. Корпуса различных плугов:

а — культурный; *б* — полувинтовой; *в* — безотвальный; *г* — вырезной; *д* — с выдвигаемым долотом; *е* — дисковый; *ж* — с почвоуглубителем; 1 — лемех; 2 — отвал; 3 — стойка корпуса; 4 — перо отвала; 5 — полевая доска; 6 — пятка полевой доски; 7 — щиток; 8 — уширитель; 9, 10 — верхний и нижний лемеха; 11 — долото; 12 — диск; 13 — почвоуглубительная лапа; 14 — углосним

В современном земледелии для проведения вспашки применяют плуги с культурной и комбинированной формами отвала. Комбинированные отвалы занимают среднее положение между культурными и полувинтовыми. Но и эти формы отвалов не обеспечивают высококачественного выполнения технологических операций (оборачивания и рыхления), так как пахотный слой почвы неоднороден по своим свойствам. Поэтому для хорошего оборачивания, крошения и рыхления почвы плуги снабжают предплужниками.

Предплужник представляет собой уменьшенную копию корпуса плуга и устанавливается впереди основного корпуса. Предплужник подрезает верхнюю часть пахотного слоя (10—12 см) и сбрасывает его на дно борозды, а идущий сзади основной корпус поднимает нижний слой, который хорошо крошится на отвале плуга и засыпает сброшенную в борозду почву.

Такая технология вспашки обеспечивает хорошую заделку растительных остатков, семян и вегетативных органов размножения сорняков, вредителей и возбудителей болезней культурных растений и более полное их отмирание и разложение.

Применение предплужников на задернелых участках повышает тяговое сопротивление плуга, но снижает затраты по дальнейшей

обработке почвы. Так, на поле, вспаханном плугами с предплужниками, не требуется дополнительное проведение поверхностных обработок.

Вспашку плугом с предплужником называют *культурной*, так как при ее проведении создаются благоприятные условия для роста культурных растений и повышения их урожайности.

Безотвальная обработка. Ее осуществляют без оборачивания пахотного слоя почвы плугами специальной конструкции, например Т. С. Мальцева, или обычными плугами со снятыми отвалами. Эти плуги хорошо крошат почву, сохраняют до 50 % стерни на поверхности, подрезают сорняки. На поверхности почвы вместе со стерней и подрезанными сорняками остаются вредители в различных стадиях развития, возбудители болезней и семена сорной растительности.

Систему безотвальной обработки почвы, разработанную Т. С. Мальцевым, применяют в Зауралье. Суть ее состоит в том, что на каждом поле один раз в течение 4—5 лет проводят рыхление на 35—40 см безотвальным плугом, а в период между глубокими обработками — ежегодную поверхностную обработку дисковыми лущильниками на 10—12 см.

Безотвальная обработка в засушливых условиях благоприятно влияет на водный режим, предохраняет почву от ветровой эрозии и повышает урожайность при использовании различных средств защиты растений.

Обработка почвы чизельными орудиями способствует рыхлению плужной подошвы и уплотненных подпахотных слоев. Ее проводят при большем, чем вспашку, диапазоне увлажнения почвы.

Плоскорезная обработка. Получила широкое распространение в районах ветровой эрозии (Сибирь, Урал, Северный Кавказ). Плоскорезная обработка — это прием обработки почвы плоскорезными орудиями без ее оборачивания, с сохранением на поверхности поля большей части пожнивных остатков. Ее проводят глубокорыхлителями-плоскорезами, которые оставляют значительную часть стерни (до 70 %) и одновременно рыхлят почву на глубину до 30 см (рис. 39).

На поле с сохраненной стерней снежный покров устанавливается после первых снегопадов, а к концу зимы мощность его бывает в 2—3 раза больше, чем на обычной зяби. Более мощный, рано образовавшийся снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания, что способствует накоплению влаги и препятствует выдуванию почвы. При наличии стерни скорость ветра в приземном слое на высоте 10 см от поверхности почвы уменьшается в 1,5—2 раза, поэтому пыльные бури бывают реже.

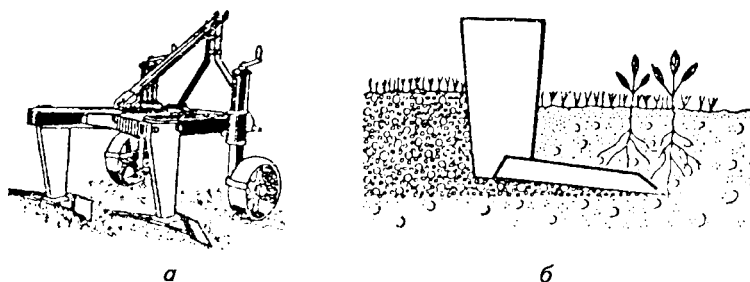


Рис. 39. Культиватор-плоскорез-глубокорыхлитель КПГ-250:

а — культиватор; *б* — схема рабочего процесса

Однако при всей эффективности безотвальной обработки она способствует засорению полей. Особенно сильное развитие сорной растительности наблюдается во влажные годы, что приводит к снижению урожайности полевых культур. Поэтому такая обработка почвы должна сопровождаться применением интегрированных мер борьбы с сорняками.

Специальные приемы основной обработки почвы. К ним относятся фрезерная, плантажная, многослойная с использованием ярусных плугов обработки и др.

Фрезерная обработка (фрезерование). Это прием обработки почвы фрезой, обеспечивающий крошение, тщательное перемешивание и рыхление обрабатываемого слоя. Наиболее широко она распространена на болотных (торфяных) и сильнозасоленных луговых почвах. Фрезерная обработка позволяет сочетать несколько разнообразных приемов обработки, таких как вспашка, культивация, боронование.

Вспашка плантажным плугом. Ее применяют при закладке садов, виноградников, лесопосадок. Плантажный плуг предназначен для вспашки на глубину 50—75 см и более. При необходимости им можно проводить послойную обработку. Для этого на нем устанавливают предплужники, почвоуглубители, вырезные лемехи или два плантажных корпуса на разных уровнях.

Для создания мощного пахотного слоя на дерново-подзолистых почвах, а также на черноземах и засоленных почвах применяют двух- и трехслойную вспашку с использованием двух- и трехъярусных плугов.

Двухъярусная вспашка. Ее проводят плугами ПЯ-3-35 с оборачиванием верхней части пахотного слоя с одновременным рыхлением нижней его части или взаимным перемещением верхнего и нижнего слоев.

Трехъярусная обработка. Ее проводят на подзолистых и солонцовых почвах плугами ПТН-3-40 и ПТН-3-40А. При такой вспашке верхний слой после оборачивания остается на месте, а второй и третий слой меняются местами. Эти плуги можно использовать также для двухъярусной вспашки (рис. 40).

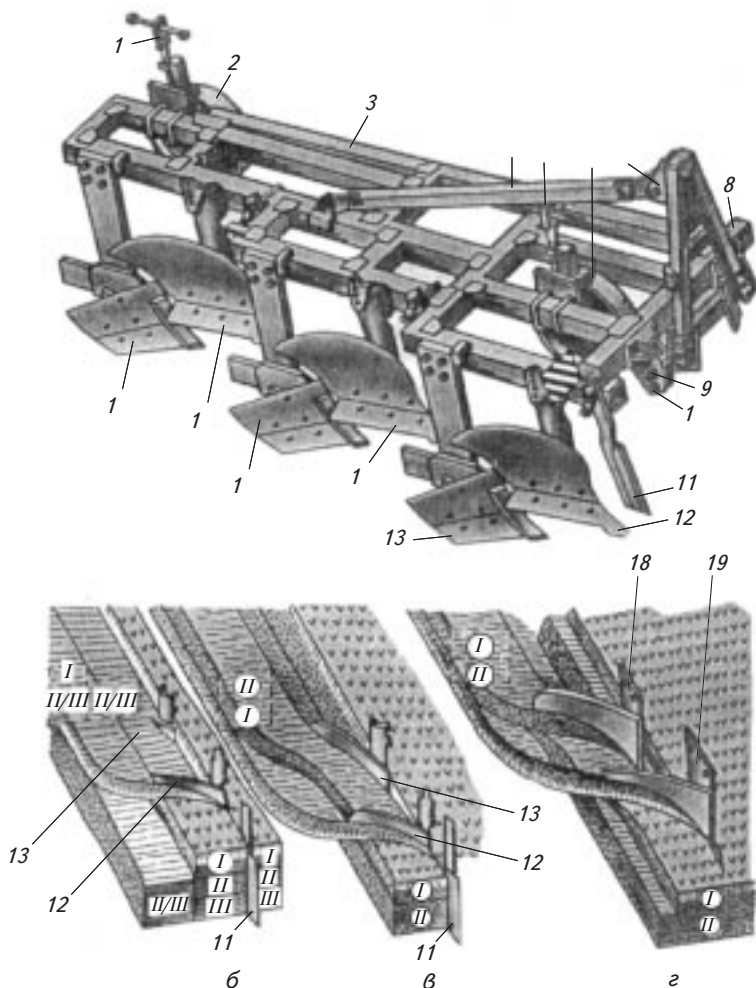


Рис. 40. Ярусный плуг ПТН-3-40 (а) и технологический процесс ярусной вспашки (б, в и г):

1, 5 — винтовые механизмы; 2, 6 — опорные колеса; 3 — рама; 4 — тяга; 7 — замок навески; 8 — поперечная балка; 9 — кронштейн; 10 — отверстия; 11 — нож; 12, 14, 16, 19 — корпуса верхнего яруса; 13, 15, 17, 18 — корпуса нижнего яруса; I, II, III — слои почвы

Лучшую заделку пожнивно-корневых остатков крупностебельных культур обеспечивают ярусные плуги ПЯ-3-35 и ПД-3-35.

Для вспашки почвы под технические культуры применяют новые ярусные плуги ПНЯ-4-40 и ПНЯ-6-40. Ярусная вспашка позволяет глубоко заделывать семена сорняков и растительные остатки.

При обработке каменистых почв используют дисковые плуги, которые представляют собой ряд насаженных на общую ось сферических дисков с острыми режущими краями.

Техника проведения вспашки. Вспашку отвальными плугами проводят всвал или вразвал, при этом поле предварительно разбивают на загоны (полосы). Загонная вспашка обусловлена тем, что обычные плуги отваливают пласт только в одну (правую) сторону.

Вспашку *всвал* начинают с середины загона. В конце загона по поворотной полосе плуг поворачивают вправо, в результате чего посередине загона образуется гребень (свал), а между соседними загонами — разъемные борозды.

Вспашку *вразвал* начинают с правого края загона. На концах загона плуг поворачивают влево. В этом случае посередине загона получается разъемная борозда (развал), а по краям — свальные гребни.

Чтобы не допустить увеличения размеров гребней и борозд, вспашку загонов надо чередовать по годам: один год всвал, второй — вразвал. В противном случае поверхность поля с каждым годом будет все более неровной.

Для уменьшения количества разъемных борозд и свальных гребней вспашку смежных загонов всвал чередуют со вспашкой вразвал.

Перед началом вспашки на загонах отбивают поворотные полосы для разворота тракторного агрегата. Ширину загона устанавливают в зависимости от длины поля и ширины захвата тракторного агрегата. Загоны должны быть прямолинейными, иначе образуются огрехи. Необходимо, чтобы вспашка начиналась и заканчивалась точно на границах поворотных полос. После последнего хода агрегат вспахивает одну из поворотных полос, а после последнего хода — другую.

2.5.6. МЕЛКАЯ И ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

Поверхностную обработку почвы проводят различными орудиями на глубину до 8 см, а мелкую — от 8 до 16 см. К приемам такой обработки почвы относятся: лущение, культивация, боронование, прикатывание, шлейфование, малование и др.

Лущение. Это прием обработки почвы дисковыми и лемешными орудиями, обеспечивающий рыхление, крошение и частичное

оборачивание, перемешивание почвы и подрезание сорняков. При лущении заделывается часть пожнивных остатков, а вместе с ними семена сорняков, вредители и возбудители болезней культурных растений.

Для лущения используют дисковые и лемешные лушительники, а также дисковые бороны.

Лемешные лушительники представляют собой уменьшенную копию отвального плуга без предплужника. Они хорошо подрезают и оборачивают верхний слой почвы до глубины 15—18 см. Дисковые лушительники хуже оборачивают почву и подрезают сорняки, но лучше разрезают их горизонтально расположенные корневища и отпрыски корней. Глубина работы дисковых лушительников 6—8 см, а с дополнительным грузом — до 12 см.

Лемешные лушительники могут выполнять мелкую вспашку, а дисковые применяют главным образом для послеуборочного лущения жнивья и обработки чистых паров, засоренных пыреем ползучим, а также для предпосевной обработки целинных и залежных земель.

Дисковые бороны хорошо рыхлят почву, вспаханную плугами без предплужников. Их используют для лущения жнивья и полей из-под многолетних трав. Дисковые бороны применяют в системе зяблевой обработки для борьбы с пыреем ползучим.

Культивация. Это прием обработки почвы культиватором, обеспечивающий крошение, рыхление и частичное перемешивание почвы, а также полное подрезание сорняков и выравнивание поверхности поля.

В зависимости от назначения обработки рабочими органами культиватора могут быть лапы различной формы. Наибольшее распространение имеют *экстирпаторные* (стрельчатые или односторонние) лапы, которые используют для подрезания сорняков. Культиваторы с грубберными лапами (долотами) применяют для интенсивного рыхления почвы, а *пружинные* культиваторы — для рыхления почвы и вычесывания корневищ на поверхность.

При обработке междурядий пропашных культур сочетают различные рабочие органы. Например, для рыхления кукурузы посередине междурядий устанавливают экстирпаторную лапу, а по бокам — ножи-бритвы для подрезания сорняков.

Культиваторы с *игольчатыми дисками* хорошо разрушают почвенную корку, рыхлят почву в период вегетации растений, не повреждая их, и уничтожают всходы сорняков. Штанговые культиваторы уничтожают сорняки, не оборачивая и не перемешивая почву.

Культивацию почвы осуществляют обычно до глубины 12 см. Безотвальную обработку, проводимую на бóльшую глубину, назы-

вают *глубоким рыхлением*, которое выполняют чизелем-культиватором, культиватором-плоскорезом.

Культиваторы плоскорезящего типа рыхлят почву не оборачивая, оставляют стерню на поверхности поля.

Культиваторы-плоскорезы КГ-2-150, КППГ-250 обрабатывают почву на глубину 27 см и оставляют до 70 % стерни на поверхности. Прицепной гидрофицированный культиватор-плоскорез КПП-2,2 предназначен для мелкой основной и предпосевной обработки почвы на глубину 7—16 см.

Культиватор-плоскорез широкозахватный КППШ-9 применяют для основной обработки почвы до глубины 18 см с оставлением на поверхности поля до 75 % стерни. На легких по гранулометрическому составу почвах КППШ-9 можно использовать для предпосевной обработки.

Для предпосевной, паровой и основной осенней обработок почвы на глубину до 16 см с оставлением стерни на поверхности поля используют тяжелый культиватор КПЭ-3,8. На предпосевной обработке это орудие работает со штанговым приспособлением, которое состоит из штанги квадратного сечения с приводом от блока игольчатых дисков. Вращаясь в сторону, обратную движению колес культиватора, штанговое приспособление выравнивает почву и извлекает на поверхность заделанную стерню и подрезанные лапами сорняки.

Культиватор штанговый КШ-3,6 предназначен для уничтожения сорняков и сплошного рыхления почвы при второй и последующих обработках пара в чередовании с культиваторами-плоскорезами. Его можно применять для предпосевной обработки под озимую пшеницу или яровые культуры на рыхлых почвах. Штанговый культиватор извлекает на поверхность почвы стерню, засыпанную предыдущими орудиями, и выравнивает ее. Орудие для безотвальной обработки пласта многолетних трав на глубину 8—16 см также можно эффективно использовать на стерневых фонах при проведении паровой и основной обработок.

Для приваливания почвы к основанию стеблей растений, ее рыхления и подрезания сорняков в междурядьях пропашных культур применяют окучники с раздвижными крыльями отвалов. Окучники используют также для нарезки борозд при отводе воды с посевов озимых и для поделки гребней при гребневых посевах кукурузы, картофеля и корнеплодов.

Боронование. Это прием обработки почвы зубовой или игольчатой бороной, обеспечивающий крошение, рыхление и выравнивание поверхности почвы, а также частичное уничтожение проростков и всходов сорняков.

Глубина обработки почвы зубовой бороной зависит от давления, приходящегося на один зуб. Тяжелые бороны с давлением

1,5 кг/см² рыхлят почву на 5—8 см, средние — с давлением от 1 до 1,5 кг/см² — на 4—6 см, легкие — с давлением от 0,5 до 1,0 кг/см² — на 2—3 см.

Для послепосевного боронования применяют *сетчатые бороны*, у которых мелкие зубья закреплены на подвижной раме и могут передвигаться в почве независимо друг от друга. Сетчатые бороны хорошо рыхлят почву и уничтожают проростки сорняков, не повреждая культурные растения. Их широко используют на посевах сахарной свеклы, кукурузы, картофеля и других культур.

Для послеуборочного осеннего и ранневесеннего рыхления стерневых фонов, закрытия влаги, выравнивания микрорельефа полей, заделки семян сорняков в почву, а также боронования озимых культур и многолетних трав применяют борону *игльчатую гидрофицированную* БИГ-3.

Прикатывание. Это обработка почвы катками, обеспечивающая уплотнение, крошение глыб и частичное выравнивание поверхности почвы.

На прикатанной почве выдерживается заданная глубина заделки семян, достигается лучший контакт семян сельскохозяйственных растений с твердой фазой почвы, изменяются тепловые условия поверхностного слоя почвы. В засушливых условиях прикатывание способствует снижению диффузного испарения влаги.

При влажности почвы ниже 60—70 % полевой влагоемкости капиллярное испарение уступает место диффузному, интенсивность которого определяется степенью уплотнения почвы. На рыхлых почвах конвекционно-диффузный ток влаги значительно больше, чем на уплотненных. Поэтому создание уплотненной прослойки на рыхлых почвах — неперемнное условие сохранения влаги в засушливых районах.

Прикатывание почвы проводят гладкими и кольчато-шпоровыми катками, которые оказывают различное давление на почву. Гладкие катки сильнее укатывают почву, поэтому после них целесообразно применять легкие бороны. Поля, прикатанные кольчато-шпоровыми катками, бывают несколько гребнистыми и не требуют дополнительной обработки.

Прикатывание используют как самостоятельный прием, так и в сочетании с другими способами обработки почвы, при уходе за парами, подготовке к посеву и т. д.

Шлейфование. Это прием обработки почвы шлейфом для выравнивания поверхности поля. Осуществляют его шлейф-боронами и волокушами. Шлейф-борона спереди имеет ряд железных зубьев, наклон которых можно менять, а сзади к ней прикреплены несколько рядов металлических брусков. Волокуша состоит из брусков, которые последовательно соединены между собой цепочками.

При обработке шлейф-боронами ШБ-2,5 и волокушами поверхность вспаханной почвы выравнивается за счет размельчения и заделки глыб. Шлейфование используют весной при небольшом заплывании зяби, а также вместо бороны или в дополнение к ней при культивации. Для выравнивания почвы применяют приспособление к 8—9-корпусным плугам ПВР-3,5, выравниватель-измельчитель ВИП-5,6, выравниватели ВП-8, ВПН-5,6А, грейдеры-выравниватели ГН-4А, ГН-2,8.

Малование. Прием обработки почвы малой обеспечивает выравнивание поверхности, уплотнение верхнего слоя на орошаемых участках.

Для малования применяют орудия заводского изготовления. В процессе движения мала сдвигает гребни и глыбы, разминает их, смещает в углубления, а также вдавливают в почву. Обработку малой-выравнивателем МВ-6,0А применяют для подготовки поля к посеву и последующим поливам, чтобы равномерно распределять воду. Кроме того, для этой цели используют планировщики ДЗ-603А, П-4, П-2,8А, ППА-3,0.

2.5.7. СОЗДАНИЕ МОЩНОГО ПАХОТНОГО СЛОЯ

Значение глубины обработки почвы. Глубина обработки зависит от почвы и ее плодородия, возделываемых культур, климатических условий, уровня интенсификации сельскохозяйственного производства и других факторов. Увеличение глубины обработки положительно влияет на комплекс агрономических свойств почвы и условия произрастания растений.

Глубокая обработка улучшает водо- и воздухопроницаемость почвы, повышает уровень микробиологической активности и содержание доступных элементов минерального питания. С ростом объема рыхлого слоя почвы создаются благоприятные условия для развития корневой системы растений, в результате увеличиваются потенциальные возможности удовлетворения потребностей культур в воде и питательных веществах.

При глубокой обработке повышается эффективность борьбы с сорняками, вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных культур. Запашка семян сорняков затрудняет их прорастание, и они погибают. Многие вредители и возбудители болезней находятся на растительных остатках и в верхнем слое почвы, поэтому при заделке их на большую глубину исключается их появление на последующей культуре.

При глубокой обработке создаются благоприятные условия для накопления влаги в осенне-зимний период. На склонах такая обработка уменьшает сток и снижает развитие водной эрозии.

Несмотря на значительные преимущества глубокой обработки, для ее проведения требуются большие материальные затраты, которые не всегда окупаются приростом урожайности, так как некоторые культуры слабо или совсем не реагируют на глубину обработки. Поэтому в севообороте глубина обработки должна быть дифференцированной. Почву надо обрабатывать глубоко под те культуры, которые от этого приема увеличивают урожайность, а мелко — под культуры, не реагирующие на глубину обработки. Одновременно это исключает образование плужной подошвы, препятствующей проникновению корней в подпахотные слои.

Глубина обработки почвы часто ограничивается маломощным гумусовым горизонтом, плодородие которого не обеспечивает получения высокой и устойчивой урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому одна из задач обработки — создание необходимых условий для формирования мощного пахотного слоя и повышения плодородия почвы.

Приемы создания мощного пахотного слоя дерново-подзолистых и серых лесных почв. Разработано несколько групп приемов углубления пахотного слоя. К первой группе из них относятся приемы, связанные с припахиванием части подпахотного слоя и выворачиванием его на поверхность.

Постепенное припахивание нижележащего слоя почвы с выносом его на поверхность с последующим перемешиванием в гумусовом слое выполняют обычными плугами с предплужниками. Толщина припахиваемого слоя определяется его свойствами и мощностью гумусово-аккумулятивного горизонта. Одноразовое припахивание подпахотного слоя составляет обычно 2—4 см, или не превышает $\frac{1}{5}$ мощности исходного пахотного слоя.

При таком приеме углубления пахотного слоя необходимо вносить органические и минеральные удобрения, а на кислых почвах и известь. Это обусловлено тем, что в дерново-подзолистых почвах за гумусовым горизонтом располагается бедный питательными веществами подзолистый горизонт с повышенной кислотностью и подвижным алюминием, а у глеевых почв он встречается в комплексе с оглеенным горизонтом. Припахивание такого слоя без внесения больших доз органических удобрений и известкования может привести к снижению плодородия всего пахотного слоя.

Наилучший эффект от постепенного припахивания получают на супесчаных и суглинистых почвах при отсутствии глеевого горизонта. Повышение плодородия песчаных почв достигают глубокой заправкой органических удобрений, в том числе сидератов.

Припахивание части подпахотного слоя можно проводить с одновременным использованием почвоуглубителя. Это способствует тому, что часть нижележащего слоя выворачивается на поверх-

ность, затем перемешивается с гумусовым горизонтом, а другая часть рыхлится.

Такой способ углубления пахотного слоя позволяет за один прием значительно увеличить объем рыхлого слоя и улучшить его агрофизические свойства.

К второй группе приемов углубления пахотного слоя относятся приемы, направленные на рыхление нижележащих слоев с оставлением их на месте: вспашка на глубину пахотного слоя с одновременным рыхлением части подпахотного слоя. Для этого используют плуги с почвоуглубителями или вырезными отвалами, которые оборачивают верхний слой и рыхлят нижнюю часть обрабатываемой почвы.

Рыхление почвы на установленную глубину без оборачивания проводят с помощью плугов без предплужников и без отвалов, плугов конструкции Т. С. Мальцева, чизель-культиваторов, плоскорезов-глубокорыхлителей, плугов-рыхлителей ПРПВ-5-50 типа «Параплау».

Проведенные в различных районах многочисленные опыты показали высокую эффективность рыхления подпахотного слоя. Наиболее эффективно рыхление под озимые культуры, картофель, корнеплоды, поздние овощные культуры чизельными плугами ПЧ-4,5 и ПЧ-2,5 общего назначения, ПЧК-4,5 и ПЧК-2,5 для засоренных камнями почв.

Менее распространенные приемы создания мощного пахотного слоя — однократное увеличение глубины обработки с помощью фрез и обработка двух- и трехъярусными плугами.

Однократное увеличение глубины обработки почвы фрезой проводят для полной ликвидации подзолистого слоя. Этот способ можно применять на почвах со слабовыраженным подзолистым горизонтом.

При обработке почвы двухъярусными плугами происходит взаимное перемещение верхнего и нижнего слоев. Трехслойную обработку почвы проводят трехъярусными плугами.

Таким образом, наиболее эффективным и широко распространенным приемом углубления дерново-подзолистых почв является вспашка плугами с почвоуглубителями и плугами с вырезными отвалами. При проведении этих приемов обязательно внесение органических удобрений и извести.

Углубление пахотного слоя на серых лесных почвах зависит от мощности гумусового горизонта и степени оподзоленности. На темно-серых и серых суглинках с хорошо оструктуренным подпахотным слоем наиболее эффективно углубление со вспашкой на 30 см и внесением повышенных доз удобрений. Мощность припахиваемого слоя на таких почвах может составлять 3—5 см даже при применении одних минеральных удобрений.

На светло-серых суглинках с небольшим гумусовым слоем (13—15 см) и наличием оподзоленного подпахотного горизонта пахотный слой увеличивают с постепенным припахиванием на 3—5 см подпахотного слоя и внесением органических и минеральных удобрений.

На почвах с высокой степенью уплотнения подпахотного слоя эффективна вспашка с подпахотным рыхлением плугами с почвоуглубителями или вырезными отвалами.

При выборе приемов углубления пахотного слоя необходимо руководствоваться мощностью гумусового горизонта, свойствами подпахотного слоя, наличием органических и минеральных удобрений, противэрозионной стойкостью почвы.

Приемы углубления пахотного слоя черноземных, каштановых почв и солонцов. Черноземы и каштановые почвы характеризуются более мощным гумусовым горизонтом и лучшим комплексом агрономических свойств. Однако питательные вещества, особенно фосфорные, в плотном подпахотном слое этих почв недоступны для растений. Повышают плодородие подпахотного слоя с помощью разной обработки почвы.

Вспашка плугом с предплужниками и почвоуглубителями способствует некоторому перемешиванию верхнего (0—10 см) слоя с нижним оборачиваемым и рыхлению подпахотного слоя. Мощность разрыхляемого слоя зависит от почвенных условий и составляет до 12 см. Этот способ углубления пахотного слоя широко используют на смытых почвах.

При глубокой вспашке без предплужников происходит хорошее перемешивание почвы. Этот прием применяют там, где не требуется пахотный слой.

Безотвальная обработка плугами Т. С. Мальцева и плоскорезная обработка культиваторами-плоскорезами-глубокорыхлителями позволяют обрабатывать почву в первом случае на глубину до 35—40 см, во втором — до 30—32 см. Это позволяет активизировать микробиологическую деятельность в подпахотном слое и улучшить воздушно-воздушный и питательный режимы. На черноземных и каштановых почвах можно применять двух- и трехслойную вспашку многоярусными плугами с целью углубления пахотного слоя.

Солонцы имеют малую мощность гумусового горизонта, плохую структуру и плотный солонцеватый слой с высоким содержанием поглощенного натрия. На таких почвах для повышения плодородия применяют химическую мелиорацию и мелиоративную вспашку.

При химической мелиорации в почву вносят гипс и другие кальциевые соли. Этот прием повышения плодородия солонцов получил название *гипсования*. Гипсование лугово-степных и степных солонцов наиболее эффективно в условиях орошения.

Мелиоративную глубокую вспашку проводят для перемещения солей кальция из нижних горизонтов в мелиорируемый слой почвы. Глубина вспашки зависит от мощности надсолонцового горизонта, степени его гумусированности, глубины залегания карбонатного, гипсового и солевого горизонта, а также грунтовых вод.

Глубокостолбчатые солонцы сначала обрабатывают плугами с предплужником на глубину надсолонцового горизонта, а в дальнейшем глубину обработки постепенно увеличивают, припахивая часть солонцового горизонта.

На мелких и средних солонцах эффективна безотвальная глубокая обработка плугом со снятыми отвалами.

В условиях Прикаспийской низменности на глубоких и средних солонцах целесообразно проводить глубокую вспашку на 35—45 см с почвоуглублением. Значительное положительное влияние здесь оказывает трехъярусная вспашка, при которой верхний гумусированный слой остается на месте, а солонцовый перемещается с карбонатным.

В степной и лесостепной зонах Западной Сибири на средне- и глубокостолбчатых солонцах применяют безотвальную вспашку на глубину надсолонцового слоя с постепенной припашкой столбчатого горизонта и одновременным почвоуглублением для разрыхления плотного иллювиального горизонта.

При углублении пахотного слоя солонцов для активизации микробиологической деятельности и улучшения физических свойств необходимо вносить органические удобрения. Наиболее эффективно совместное применение навоза и азотно-фосфорных удобрений.

Разноглубинная основная обработка почв в севообороте. Для всех зон рекомендуют разноглубинную систему обработки почвы, которая включает глубокие, средние, мелкие и поверхностные (до 10 см) обработки.

Обработка почвы на одну и ту же глубину способствует образованию плужной подошвы на границе обрабатываемого и подпахотного слоев в результате уплотнения почвы почвообрабатывающими орудиями. Наличие плотной прослойки препятствует передвижению воды вниз и проникновению корневой системы растений.

При периодическом применении глубокой вспашки плужная подошва устраняется, что способствует увеличению водопроницаемости, снижению стока талых и ливневых вод.

Разноглубинная обработка почвы — эффективное средство борьбы с сорняками, вредителями и болезнями культурных растений. Так, если после проведения глубокой вспашки в течение 3—5 лет обрабатывать почву на меньшую глубину, то большая часть семян

сорняков, а также вредителей и возбудителей болезней теряют жизнеспособность за время нахождения в необрабатываемом слое.

При глубокой вспашке создаются благоприятные условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов в подпахотном слое. Особенно значительно повышается плодородие нижележащих слоев от совместного применения органических удобрений и глубокой обработки. В этом случае несколько увеличивается коэффициент гумификации органических удобрений.

Периодичность глубоких обработок зависит от почвенных условий, отзывчивости сельскохозяйственных растений на углубление и системы удобрения.

На черноземных и каштановых почвах глубокую обработку можно проводить под озимые и пропашные культуры, а в южной зоне она целесообразна при возделывании яровой пшеницы.

На дерново-подзолистых почвах глубокие обработки проводят чаще, чем на черноземах, так как почва быстрее оседает и уплотняется. На почвах легкого гранулометрического состава глубокие обработки требуются реже. В севообороте глубоко обрабатывают почву под озимые культуры, картофель, корнеплоды и другие пропашные культуры.

2.5.8. МИНИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

Обработка почвы — одна из энергоемких операций в земледелии. Для ее проведения требуется большое количество техники, нефтепродуктов, трудовых ресурсов и времени. Кроме того, в условиях интенсификации земледелия обработка наряду с положительным влиянием оказывает отрицательное действие на плодородие почвы. Так, при применении тяжелых тракторов и орудий уплотняются пахотный и даже предпахотный слои почвы. Частые рыхления, активизируя биологические процессы и минерализацию органического вещества, приводят к значительным потерям неиспользованного растениями азота и снижению гумусированности почвы, а также к развитию эрозии. Поэтому разработка более экономичных технологий обработки почвы, обеспечивающих значительное снижение энергетических и трудовых ресурсов, отрицательного действия на плодородие почвы — неперенное условие современного земледелия. В этой связи важнейшим направлением будет минимизация обработки почвы.

Минимальная обработка почвы — это научно обоснованная обработка, обеспечивающая снижение энергетических затрат путем уменьшения количества и глубины обработок, совмещения операций и приемов в одном рабочем процессе или уменьшение обра-

батываемой поверхности поля при применении гербицидов для борьбы с сорняками.

Основными факторами, определяющими необходимость минимизации обработки почвы, являются:

снижение плодородия и продукционной способности почвы в результате широкого применения тяжелых тракторов и транспортных средств;

снижение энергетических затрат за счет уменьшения количества и глубины механической обработки;

возможность замены механических обработок как средства борьбы с сорняками применением высокоэффективных гербицидов;

использование для обработки почвы энергонасыщенных тракторов, комбинированных машин и агрегатов, орудий с активными рабочими органами;

экономия энергетических и трудовых ресурсов, а также времени.

Теоретическое обоснование минимизации обработки почвы связано с соответствием физических параметров плодородия почвы требованию культурных растений.

О физическом состоянии почвы и степени ее уплотнения можно судить по величине плотности. Различают оптимальную для растений и равновесную для почвы плотность. При *оптимальной плотности* складываются наиболее благоприятные условия для роста растений. За *равновесную* принимают плотность длительно (для пахотного 1—2 года, для подпахотного слоя 2—3 года) необрабатываемой почвы при полевой влагоемкости. Чем меньше различия между оптимальной и равновесной плотностью, тем больше возможности для минимизации обработки почвы.

Минимизация обработки почвы имеет зональный характер, и основными ее направлениями будут следующие:

сокращение числа и глубины основных предпосевных и междурядных обработок почвы в севообороте в сочетании с применением гербицидов для борьбы с сорняками;

замена глубоких обработок более производительными поверхностными или плоскорезными, использование широкозахватных орудий с активными рабочими органами, обеспечивающими высококачественную обработку за один проход агрегата;

совмещение нескольких технологических операций и приемов в одном рабочем процессе путем применения комбинированных почвообрабатывающих и посевных агрегатов;

уменьшение обрабатываемой поверхности поля путем внедрения полосной (колейной) предпосевной обработки почв при возделывании широкорядных культур в сочетании с применением гербицидов.

При широком применении высокоэффективных гербицидов сокращаются число и глубина обработок. Замена вспашки приемами поверхностной обработки (дискование, лемешное лушение, фрезерование) не снижает урожайности озимых культур.

Уменьшение междурядных обработок при использовании гербицидов высокоэффективно при возделывании кукурузы, сахарной свеклы, кормовых корнеплодов и других пропашных культур.

На почвах легкого гранулометрического состава возможно проведение одного предпосевного боронования под ранние яровые культуры.

При подготовке почвы под ранние яровые зерновые культуры на супесчаных и суглинистых почвах вспашку на глубину 20—25 см можно периодически заменять мелкой вспашкой или обработкой тяжелыми дисковыми боронами на глубину 10—12 см. При применении широкозахватных машин и орудий уменьшается число проходов по полю тракторного агрегата, что способствует повышению производительности и снижению уплотнения почвы.

Во ВНИИ зернового хозяйства разработана почвозащитная технология обработки почвы. Основой ее является плоскорезная обработка, обеспечивающая надежную защиту почвы от эрозии и значительную экономию затрат по сравнению со вспашкой. Такая технология обработки почвы внедрена в степных регионах Западной Сибири и Поволжья.

Все большее распространение получает минимизация обработки с помощью совмещения различных полевых работ одной машиной или агрегатом.

Для предпосевной подготовки почвы под озимые и яровые зерновые рекомендуют комбинированные агрегаты РВК-3, РВК-3,6, ВИП-5,6, которые повышают производительность в 1,6—2,2 раза и снижают затраты труда в 2—2,5 раза.

На суглинистых почвах Нечерноземной зоны перспективен комбинированный агрегат КА-3,6, применение которого позволяет отказаться от вспашки в системе основной обработки и совместить предпосевную подготовку почвы фрезой с посевом зерновых культур СЗ-3,6.

Высокоэффективно использование комбинированных агрегатов АКПП-3,6, КППА-3,6, МКПП-3,6, АКР-3,6 на предпосевной обработке почвы и посеве зерновых и зернобобовых культур.

В районах ветровой эрозии применяют посевные машины СЗС-2,1, СЗП-3,6, ЛДС-6, которые за один проход выполняют предпосевную обработку почвы, рядковое внесение удобрений, посев и прикатывание почвы в рядках.

В овощеводстве используют грядоделатель-сеялку ГС-1,4 для одновременной нарезки гряд, внесения минеральных удобрений, выравнивания и прикатывания почвы и посева.

2.5.9. СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД ЯРОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Под *системой обработки почвы* понимают совокупность научно обоснованных приемов обработки под культуры в севообороте, выполняемых в определенной последовательности и подчиненных решению ее главных задач в конкретных почвенно-климатических условиях.

Система обработки почвы должна быть зональной и зависит от культуры, предшественника, почвы и ее плодородия, степени засоренности поля сорняками и их биологических особенностей, влажности почвы, условий развития водной и ветровой эрозии, удобрений, наличия почвообрабатывающей техники и др.

Система обработки почвы под яровые культуры складывается из приемов основной и предпосевной обработок. Она включает обработку почвы из-под культур сплошного посева, пропашных, сеяных многолетних трав, чистых и занятых паров.

Зяблевая обработка, ее агротехническое и организационно-хозяйственное значение. Основная обработка почвы в летне-осенний период под посев яровых культур в следующем году называется *зяблевой*.

Зяблевая обработка имеет большое агротехническое и организационно-хозяйственное значение. Она способствует накоплению влаги за счет лучшего проникновения осенних и весенних осадков в глубь почвы, а на склонах препятствует поверхностному стоку и уменьшает водную эрозию. Глубокая зяблевая обработка — эффективное средство борьбы с сорняками, вредителями и возбудителями болезней культурных растений. Семена малолетних сорных растений, запаханные в почву, весной не прорастают, а для подрезанных корневищных и корнеотпрысковых сорняков создаются худшие условия для их возобновления.

При зяблевой вспашке растительные остатки и органические удобрения начинают разлагаться уже в осенний период, что способствует накоплению элементов минерального питания, препятствует образованию токсичных веществ весной.

Большим преимуществом осенней обработки почвы под яровые культуры является более равномерное использование тракторов и почвообрабатывающих орудий. При такой обработке уменьшается напряженность проведения весенних полевых работ и создаются условия для своевременного посева.

Ранняя зяблевая обработка почвы более эффективна по сравнению с поздней и особенно со вспашкой весной при возделывании различных культур.

Зяблевая обработка зависит от местных условий. Наиболее распространены следующие ее разновидности:

 лушение стерни с последующей зяблевой вспашкой;

полупаровая обработка, которая включает лущение, вспашку и последующую поверхностную обработку;
зяблевая вспашка без предварительного лущения;
мелкая или поверхностная обработка без вспашки;
плоскорезная обработка;
обработка с поделкой водозадерживающих препятствий.

Обработка почвы из-под однолетних культур сплошного посева.

Однолетние культуры сплошного посева после уборки оставляют на поверхности поля стерню (жнивье) и вегетирующие сорняки нижнего яруса, которые служат местом скопления вредителей и возбудителей болезней. Семена сорняков, осыпавшихся до и во время уборки, находятся на поверхности почвы.

За вегетационный период почва сильно уплотняется, и после уборки культуры испарение влаги заметно увеличивается, что может привести к значительным потерям воды и повышению связности почвы. В этих условиях основные задачи обработки почвы — снижение испарения влаги, уничтожение вегетирующих сорняков и заделка осыпавшихся семян в почву.

Для эрозионно безопасных районов с продолжительно теплым послеуборочным периодом первый прием обработки почвы — *лущение*, которое необходимо провести сразу после уборки. Глубина лущения и орудия определяются характером засорения. На полях, засоренных малолетними сорняками, применяют дисковые лущильники и обрабатывают ими почву на глубину 6—8 см. В этом случае лущение предотвращает капиллярное испарение, создает благоприятные условия для прорастания семян, заделки их во влажный слой, а также уменьшает удельное сопротивление почвы при вспашке.

Поля, засоренные пыреем и корнеотпрысковыми сорняками с неглубоким расположением корневых отпрысков, обрабатывают вдоль и поперек дисковыми лущильниками, углубляя второй раз до 12—14 см. Корневища и корневые отпрыски разрезаются на части, которые прорастают, а затем их уничтожают последующей обработкой.

На уплотненной почве дисковые лущильники заглубляются плохо и корневища пырея не удастся разрезать, поэтому первое лущение следует проводить лемешными лущильниками на глубину 12—14 см с извлечением корневищ пырея, а второе — дисковыми лущильниками для их измельчения. После появления побегов проводят вспашку.

Для борьбы с корнеотпрысковыми сорняками с глубоким залеганием корневых отпрысков применяют лемешные лущильники на глубину 10—12 см, которые подрезают вертикально расположенные корни. При глубоком расположении корневой системы корневищных сорняков следует проводить раннюю вспашку на

глубину залегания основной массы корневищ с последующими лушениями по мере появления всходов сорняков.

В южных районах лесостепной и степной зон с более продолжительным теплым послеуборочным периодом двукратное лушение (первое на 5—6 см и второе на 10—12 см) с последующей вспашкой позволяет эффективно бороться с малолетними и многолетними сорняками.

После лушения проводят *зяблевую вспашку*. Срок ее осуществления определяют по массовому появлению всходов сорняков. При достаточном количестве тепла и влаги малолетние сорняки из семян появляются через 2—3 нед после лушения, а многолетние — из подземных органов размножения спустя 10—12 дней. Если из-за отсутствия влаги в верхнем слое прорастание сорняков задерживается, то вспашку необходимо провести в оптимальные для данного района сроки, не дожидаясь их появления.

В северной и северо-западной частях Нечерноземной зоны и в восточных районах, где послеуборочный период короткий с прохладной погодой и частым выпадением осадков, лушение малоэффективно. В зоне недостаточного увлажнения положительное действие лушения проявляется лишь в годы с достаточным количеством осадков в конце лета. В этих районах целесообразна ранняя зяблевая вспашка плугом с предплужником на глубину пахотного слоя без предварительного лушения.

В Восточной Сибири для выравнивания поверхности почвы проводят по зяблевой вспашке боронование или прикатывание. В условиях малоснежной зимы с сильными ветрами это предохраняет почву от иссушения.

Глубокую зяблевую вспашку применяют под пропашные культуры, для остальных растений вспашку ограничивают средней глубиной. Кроме того, глубокая вспашка необходима в районах избыточного увлажнения для удаления влаги по подпахотному слою.

В районах ветровой эрозии стерню используют для снижения скорости ветра в приземном слое, задержания снега и уменьшения глубины промерзания почвы, поэтому здесь применяют орудия плоскорезящего типа. На засоренных и плотных почвах после уборки колосовых культур проводят глубокую обработку почвы (до 27 см) плоскорезами-глубокорыхлителями КПП-250. Чистые от сорняков и менее уплотненные поля обрабатывают культиваторами-плоскорезами КПП-2,2, КПП-2-150 на глубину до 16 см.

Обработка почвы после пропашных культур. Большинство пропашных культур убирают поздно. Почва после их уборки остается достаточно рыхлой и чистой от сорняков. В этих условиях нет необходимости в глубокой обработке и можно ограничиться одним лушением.

После картофеля и сахарной свеклы рекомендуют обработать почву лемешными луцильниками на глубину 10—12 см. При значительном уплотнении почвы и засоренности поле следует вспахать.

После пропашных высокостебельных растений (кукуруза, подсолнечник и др.) проводят вспашку, чтобы заделать остатки стеблей. Для заделки стерневых остатков кукурузы поле можно обработать дисковыми луцильниками во взаимно перпендикулярном направлении и немедленно вспахать на установленную глубину.

В засушливых условиях на почвах, чистых от сорняков, после уборки пропашных культур целесообразна безотвальная обработка. Она позволяет сохранить больше влаги и защитить почву от эрозии.

При повторном возделывании пропашных культур на одном и том же поле необходима более глубокая обработка, чем под колосовые культуры.

Во всех природных зонах ранние сроки зяблевой обработки почвы после пропашных культур лучше, чем поздние.

Обработка почвы после сеяных многолетних трав. Почва из-под многолетних трав резко отличается по агрофизическим и биологическим свойствам от почв из-под однолетних культур. Верхний слой почвы под многолетними травами густо переплетен корнями, оструктурен и обладает высокой связностью. Многолетние травы при перезимовках часто изреживаются и засоряются двулетними и многолетними растениями, которые продолжают вегетировать после уборки трав. Кроме того, многолетние травы способны отрастать.

В этих условиях основные задачи зяблевой обработки — лишение жизнеспособности многолетних трав и сорных растений и создание благоприятных условий для накопления влаги, биологических процессов и разложения дернины.

Наиболее полно и одновременно можно выполнить поставленные задачи при проведении культурной вспашки плугами с предплужниками. Верхний наиболее связный слой почвы снимается предплужником и сбрасывается на дно борозды, а затем сверху насыпают рыхлый слой. При такой обработке вода и воздух свободно проникают в почву, что способствует хорошему разложению дернины. При вспашке плугами с винтовыми отвалами без предплужников пласты оборачиваются на 180° (по способу «оборот пласта»). Дернина в этом случае отмирает, но из-за быстрого высыхания пласта плохо разлагается. При вспашке плугами с полувинтовыми или универсальными отвалами пласты оборачиваются на 135° (по способу «взмет пласта»). В таком положении почва быстро высыхает и дернина не полностью отмирает. Из-за плохого крошения почвы при этих способах требуется многократная поверхностная обработка.

После вспашки плугом с предплужником полей из-под люцерны часто происходит ее отрастание. Чтобы этого избежать, необходимо провести послеукосное лушение лемешными лушильниками с последующей зяблевой вспашкой. Предпахотная обработка люцернового поля лемешным лушильником на 10—12 см требуется также, если почва сухая и плохо крошится при вспашке.

Поля с очень плотной дерниной и засоренные многолетними сорняками рекомендуют перед вспашкой продисковать в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Высокое качество вспашки после многолетних трав возможно при глубине не менее 20 см, в противном случае перевернутая дернина не будет прикрыта достаточным слоем рыхлой почвы. Если почвенные условия не позволяют пахать на указанную глубину, то обработку пласта многолетних трав проводят плугом без предплужника, но с почвоуглубителем. При этом поле предварительно дискуют вдоль и поперек.

Сроки вспашки полей после сеяных многолетних трав устанавливаются в зависимости от почвенно-климатических условий. Необходимо определить срок обработки почвы с таким расчетом, чтобы до наступления холодов началось разложение дернины, иначе при полном разложении дернины за осенний период образовавшиеся доступные питательные вещества могут вымыться за пределы корнеобитаемого слоя. Следовательно, там, где можно получить второй укос трав, с обработкой можно повременить и начать ее вслед за вторым укосом.

После старовозрастных трав поля нужно пахать раньше, так как дернина разлагается медленно. Почвы легкого гранулометрического состава обрабатывают позднее, чем тяжелые, так как на легких почвах дернина разлагается быстрее.

Лучшее время для зяблевой вспашки полей, вышедших из-под многолетних трав 1—3-годового пользования в северо-восточных областях Нечерноземной зоны, — середина августа — начало сентября, в северо-западных и южных областях — вторая половина сентября.

Полупаровая обработка почвы. *Полупаровой* называют обработку почвы после непаровых предшественников, при которой поле в летне-осенний период обрабатывают по типу чистого пара. Эта обработка почвы широко распространена в районах с продолжительной теплой осенью на почвах, не подверженных эрозии.

Сущность полупаровой обработки состоит в том, что после уборки предшественника проводят лушение, затем вспашку и несколько поверхностных обработок. Основная цель этой обработки — освобождение пахотного слоя от семян и вегетативных зачатков сорной растительности путем провокации их к прорастанию с уничтожением всходов последующей обработкой.

Наиболее распространенная схема полупаровой обработки следующая. После уборки урожая предшествующей культуры проводят лущение. Выбор лущильника и кратность лущения зависят от типа засорения. Более полной ликвидации корнеотпрысковых сорняков достигают двукратным лущением: первое осуществляют дисковыми лущильниками на глубину 6—8 см, второе — лемешными на 10—12 см. Через 2—3 нед после лущения проводят вспашку с боронованием, при которой одновременно уничтожают проросшие сорняки.

Затем в течение летне-осеннего периода почву по мере прорастания сорняков обрабатывают культиваторами. При влажной погоде и сильной засоренности проводят обычно 2—3 культивации с боронованием, после последней культивации бороновать не следует.

Почву, находящуюся в состоянии физической спелости и не засоренную многолетними сорняками, после уборки предшествующей культуры следует немедленно пахать на полную глубину с боронованием и прикатыванием кольчато-шпоровыми катками. Последующие поверхностные обработки проводят в зависимости от степени уплотнения почвы и прорастания сорняков.

Для сохранения влаги в почве большое значение имеет разрыв между уборкой колосовых культур и обработкой поля. Необработанное поле с сильно уплотненной почвой очень быстро теряет из верхних слоев влагу, поэтому лущение надо проводить вслед за уборкой комбайном.

Пересохшую почву, которая не крошится на мелкие комочки, а распадается на большие глыбы, вначале необходимо пролущить, а затем после увлажнения провести вспашку.

Для повышения качества полупаровой обработки применяют комбинированный пахотный агрегат, состоящий из лемешного плуга, волокуши, катка-комкодробителя. Он позволяет, оборачивая пласт, одновременно дробить глыбы, выравнивать поверхность почвы, уплотнять пахотный слой на некоторой глубине и оставлять поверхность в рыхлом состоянии. Вследствие этого влага в почве лучше сохраняется. Проросшие сорняки затем уничтожают осенней культивацией.

На тяжелых почвах при временном избыточном увлажнении полупаровая обработка под яровые культуры менее эффективна, чем более поздняя вспашка. В этом случае при полупаровой обработке происходит быстрое заплывание почвы, а глыбистое состояние ее перед уходом в зиму препятствует уплотнению.

Безотвальная обработка почвы культиваторами-плоскорезами и культиваторами-глубококорыхлителями эффективна на почвах с непрерывным типом водного режима, подверженных водной и ветровой эрозии.

Паровая обработка почвы под яровую пшеницу в восточных районах страны. В Западной и Восточной Сибири, где возделывание озимых хлебов ограничено климатическими условиями, выращивают в основном яровую пшеницу. Чистые пары в этих районах — необходимое звено системы земледелия, они позволяют накопить и сохранить влагу, эффективно вести борьбу с сорняками, улучшить питательный режим.

В Сибири основным видом пара является ранний, обработку которого начинают весной в год парования. Первую обработку чистых паров проводят возможно раньше культиваторами-плоскорезами КПП-2,2 или КПШ-9 на глубину 8—10 см. Этот прием способствует лучшему подрезанию многолетних и малолетних сорняков, сохранению стерни (на 80—90 %) и влаги в почве. При более глубокой обработке почва излишне разрыхляется, больше теряется влаги, ухудшаются условия прорастания и последующего уничтожения сорняков, меньше остается стерни на поверхности поля. Последующие обработки пара проводят теми же орудиями по мере отрастания. Для более устойчивой работы плоскорезом каждую последующую культивацию следует проводить на 1—2 см глубже предыдущей. Последнюю обработку почвы осуществляют глубокорыхлителями КПГ-250 или КПГ-2-150 на глубину 25—27 см, что способствует лучшему усвоению осенних осадков и весенних талых вод.

На легких каштановых почвах последняя глубокая обработка пара не всегда дает положительный эффект. В сухие годы на этих почвах она приводит к излишней рыхлости пахотного слоя и значительным потерям влаги. В этом случае глубина заключительной обработки почвы должна быть не более 14—16 см и целесообразно перенести этот прием на более поздний срок. Летний уход за парами состоит из периодических неглубоких обработок широкозахватными культиваторами и игольчатыми боронами.

При значительном выпадении летних осадков качество работы плоскорезов снижается, так как подрезанные сорняки снова укореняются. В этом случае надо применять штанговые культиваторы КШ-3,6, которые эффективно уничтожают сорняки на рыхлой и переувлажненной почве. Культиваторы КШ-3,6 рекомендуют сочетать с плоскорезами. Такая технология обработки пара позволяет за один год уничтожить осот, сократить численность вьюнка полевого и малолетних сорняков.

Труднее на паровых полях уничтожить корневищные сорняки (пырей и вострец). Хорошие результаты при борьбе с пыреем ползучим дает применение тяжелых противэрозионных культиваторов КПЭ-3,8. П. П. Колмаков и А. М. Нестеренко рекомендуют на засоренных вострецом полях сочетать глубокую вспашку плугом на глубину, превышающую залегание горизонтальных корневищ,

с последующей обработкой пара культиватором-плоскорезом КПЭ-3,8. Вспашку необходимо проводить летом в самое сухое и жаркое время, чтобы вывернутые на поверхность корневища вышились.

Плоскорезную обработку пара на глубину 8—10 см можно начинать сразу после уборки предшествующей культуры. В период парования обработку повторяют культиваторами-плоскорезами по мере прорастания сорняков с постепенным углублением до 16—18 см. Заключительную обработку проводят глубокорыхлителями на глубину 25—27 см. Высокоэффективна борьба с овсюгом в черном пару, когда обработку почвы начинают сразу после уборки предшественника противозерозионным культиватором КПЭ-3,8 или другими орудиями, сохраняющими стерню, а в течение летнего периода проводят четыре обработки плоскорезом и заключительное глубокое рыхление.

Многokратная плоскорезная обработка почвы в чистом пару к концу лета почти полностью уничтожает стерню. Снег с таких полей сдувается. Для сокращения механических обработок, уменьшения распыления почвы и большего сохранения на поверхности поля стерни при обработке чистого пара можно применять гербициды.

Сокращение количества механических обработок до одной-двух в период парования за счет применения гербицидов позволяет сохранить на поверхности поля до 80 % стерни. Это способствует повышению ветроустойчивости почвы летом и лучшему накоплению снега зимой.

Предпосевная обработка почвы. Это обработка почвы, проводимая перед посевом или посадкой сельскохозяйственных культур. Она способствует: сохранению и активизации в почве биологических процессов, уничтожению сорной растительности, заделке удобрений, подготовке почвы для проведения высококачественного посева, посадки и мероприятий по уходу за растениями.

В большинстве районов проведения зяблевой вспашки первый прием предпосевной обработки почвы — боронование. Его применяют для разрушения почвенной корки, которая образуется при подсыхании уплотненной за зиму почвы. Бороны, разрыхляя верхний слой, предотвращают капиллярный подток влаги к поверхности почвы, что сокращает ее испарение. Боронование проводят выборочно по мере наступления физической спелости верхнего слоя почвы. В первую очередь поспевают почвы легкого гранулометрического состава, расположенные на южных склонах и возвышенных местах. Боронование осуществляют поперек направления зяблевой вспашки или по диагонали.

Наибольший эффект от боронования в зоне недостаточного увлажнения, где опаздывание с его проведением на один день при-

водит в сухую ветреную погоду к потере 4—5 мм влаги. Поэтому первое ранневесеннее рыхление почвы осуществляют за 1—2 дня.

В зоне достаточного и избыточного увлажнения боронование обязательно. Его проводят весной при установлении теплой и сухой погоды.

На почвах легкого гранулометрического состава и хорошо структуренных применяют легкие бороны и шлейфы, а на глинистых почвах — тяжелые бороны. В районах ветровой эрозии используют игольчатые бороны БИГ-3.

Последующими приемами предпосевной обработки почвы могут быть культивация, глубокое рыхление или перепашка, прикапывание.

Зона достаточного увлажнения. На легких по гранулометрическому составу почвах под ранние яровые культуры после боронования можно ограничиться одной культивацией на глубину посева семян. При низкой влажности верхнего слоя почвы перед посевом необходимо провести прикапывание; оно полезно при посеве мелкосемянных культур.

На песчаных, а также суглинистых, хорошо окультуренных почвах, не уплотнившихся за зиму и чистых от сорняков, эффективно двукратное боронование тяжелыми зубowymi боронами с медленным посевом ранних яровых культур.

На тяжелых суглинистых и глинистых почвах для улучшения аэрации и прогревания рекомендуют глубокое рыхление. Для этой цели пригодны культиваторы-рыхлители, плуги или лемешные лушительники со снятыми отвалами. Если эти почвы быстро заплывают и засорены корнеотпрысковыми сорняками, рекомендуют неглубокую перепашку. Однако весенняя перепашка приводит к большим потерям влаги и недобору урожая.

На полях, вспаханных на зябь, из-под многолетних трав, а также на целинных и залежных землях для весенней предпосевной обработки применяют дисковые бороны, которые хорошо рыхлят почву без выворачивания запаханной дернины. Число обработок дисковыми орудиями на тяжелых почвах больше, чем на легких и средних. В агрегате с дисковыми применяют зубовые бороны.

В целях сокращения многократных передвижений тракторных агрегатов по полю, вызывающих чрезмерное уплотнение почвы, необходимо по возможности совмещать большее число работ. При проведении предпосевной подготовки почвы высокоэффективен комбинированный агрегат РВК-3,6, который за один проход осуществляет рыхление на глубину 15 см, выравнивание поверхности поля и предпосевное прикапывание.

При применении комбинированных агрегатов улучшается качество обработки почвы, выдерживается срок посева, увеличивается урожайность зерновых культур и повышается производитель-

ность труда по сравнению с отдельным выполнением работ. Под поздние яровые культуры, высеваемые в прогретую почву до температуры не ниже 8 °С, после ранневесеннего боронования в зависимости от погодных условий, степени и характера засоренности, гранулометрического состава проводят не менее двух обработок. При первой используют глубоко рыхлящие орудия, при второй — культиваторы.

При весеннем применении органических удобрений под пропашные культуры (картофель, кукурузу и др.) почву обрабатывают плугами или лемешными лушильниками на $\frac{2}{3}$ глубины зяблевой вспашки, чтобы не вывернуть на поверхность растительные остатки и семена сорных растений. При внесении органических удобрений под осеннюю вспашку целесообразно провести глубокое рыхление плугами или лемешными лушильниками со снятыми отвалами. При значительном разрыве во времени между перепашкой или рыхлением и посевом проводят предпосевную культивацию.

Хорошие результаты при выращивании картофеля дает предпосевное глубокое рыхление чизель-культиватором на 25—30 см.

На тяжелых почвах с плотным подпахотным слоем под пропашные культуры эффективно подпахотное рыхление. Для выполнения его с одновременной мелкой заправкой органических удобрений наиболее пригодны плуги с вырезными корпусами, а при их отсутствии — обычные плуги со снятыми отвалами и увеличенными предплужниками. Такая обработка на дерново-подзолистых и серых лесных почвах повышает урожайность картофеля на 3,0—3,5 т/га.

Для уменьшения количества проходов почвообрабатывающих агрегатов и уплотняющего действия их на почву целесообразно к плугу крепить тяжелые бороны в два следа или звено из дисковой и зубовой борон. После прохода такого агрегата дополнительной обработки не требуется и можно приступать к посадке картофеля или других пропашных культур.

При использовании орудий с активными рабочими органами значительно снижаются затраты на предпосевную обработку почвы. Фрезерование под картофель сокращает время на подготовку почвы и обеспечивает значительную прибавку урожая.

Зона недостаточного увлажнения. Основная задача предпосевной обработки почвы — сохранение влаги, накопленной за осенне-зимне-весенний период, поэтому в этой зоне исключают обрабатывающие почву приемы обработки. Органические удобрения необходимо вносить осенью под зяблевую вспашку.

Предпосевная обработка почвы под ранние яровые культуры на чистых от сорняков полях и уплотняющихся почвах может состоять лишь из боронования зяби, после которого проводят посев и прикатывание почвы.

На уплотняющихся почвах помимо боронования зяби поле перед посевом культивируют на 10—12 см. На слабоуплотненных почвах предпосевную культивацию проводят на глубину посева семян с одновременным выравниванием поверхности прицепом борон или шлейфов. Перед посевом почву прикатывают. Между последним приемом предпосевной обработки и посевом яровых культур не должно быть разрыва, так как при этом испаряется много влаги и всходы сорняков появляются раньше культурных растений.

На неуплотняющихся почвах, засоренных зимующими сорняками, культивацию проводят на глубину посева семян, а засоренных двулетними и корнеотпрысковыми сорняками, — на 10—12 см.

В условиях Сибири для борьбы с малолетними сорняками проводят две весенние обработки: первую при достижении почвой физической спелости, вторую в период появления всходов ранних яровых сорняков (овсюга). По обычной зяби обе обработки осуществляют лаповыми культиваторами или плоскорезами, а по безотвальной зяби — первую игольчатой бороной, а вторую плоскорезами.

Посев яровых зерновых в этих районах проводят после уничтожения всходов овсюга. Небольшой перенос срока посева яровой пшеницы полезен также потому, что ее критический период потребления влаги обычно совпадает со временем выпадения дождей (конец июня — начало июля).

На распаханых многолетних залежах и полях после многолетних трав, не подверженных ветровой эрозии, для предпосевной обработки применяют дисковые орудия в агрегате с зубовыми боронами. Перед посевом почву следует прикатать кольчато-шпоровыми катками.

Под поздно высеваемые яровые культуры в зоне недостаточного увлажнения предпосевная обработка кроме покровного боронования включает две-три культивации с одновременным боронованием. Глубина обработки зависит от глубины посева семян и технологического состояния поля.

При первой культивации выравнивают поверхность поля, это способствует снижению испарения влаги; подрезают малолетние и провоцируют отрастание многолетних сорняков. При недостатке влаги одновременно с культивацией применяют прикатывание, которое уменьшает диффузное испарение влаги из почвы.

Первую культивацию проводят на глубину 8—12 см, а последующие обработки мельче.

На хорошо оструктуренных, слабоуплотняющихся, не засоренных многолетними сорняками почвах ограничиваются боронованием зяби и предпосевной культивацией. При выровненной с осени зяби на таких почвах боронование можно не проводить, пото-

му что семена сорняков лучше прорастают в слабоуплотненной почве, чем в рыхлой. После появления проростков семян применяют предпосевную культивацию.

Перед посевом кукурузы и подсолнечника почву культивируют на глубину 6—8 см, а под просо и другие мелкосемянные культуры — на 4—6 см.

Культивацию и прикатывание можно выполнять одним агрегатом. При первой культивации в агрегате желательно иметь кольчато-шпоровые катки, а перед посевом — гладкие. Для предпосевной обработки наиболее подходят культиваторы со стрелчатými лапами, которые хорошо рыхлят верхний слой без оборачивания, полностью подрезают сорняки и несколько уплотняют почву.

На почвах после многолетних трав и залежей для весенней обработки применяют дисковые орудия. Они хорошо рыхлят почву, не выворачивая дернину. На тяжелых почвах дискуают 2—3 раза, на легких — 1—2 раза.

На полях, обработанных против водной эрозии с поделкой осенью лунок и прерывистых борозд, проводят двукратное боронование тяжелыми боронами и две культивации в агрегате с зубowymi боронами по диагонали поля. Для выравнивания лунок и борозд на серых лесных сильно уплотняющихся почвах применяют тяжелые бороны с вырезными дисками.

В орошаемом земледелии при возделывании хлопчатника первую культивацию осуществляют чизель-культиваторами на глубину 14—22 см, а предпосевную — на глубину посева семян.

В районах ветровой эрозии предпосевную обработку под поздние яровые культуры проводят так же, как и под ранние яровые, культиваторами-плоскорезами.

Минимализация предпосевной обработки почвы под поздние яровые культуры предусматривает сокращение числа проходов тракторных агрегатов по полю и заключается в проведении фрезерной обработки, а также рыхлении почвы только в рядах, где размещаются семена пропашных культур. Для уничтожения сорняков необходимо применять гербициды.

2.5.10. СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД ОЗИМЫЕ КУЛЬТУРЫ

Озимые культуры (рожь, пшеница, ячмень) в отличие от яровых высевают в конце лета или начале осени, а убирают в конце лета следующего года. Такая биологическая особенность озимых культур определяет основные задачи обработки почвы: сохранение и создание условий для накопления влаги и доступных питательных веществ в почве ко времени посева озимых, создание необходимых условий для заделки семян и перезимовки растений.

Большое влияние на формирование благоприятных условий для роста озимых культур в осенний период оказывают их предшественники. Предшественники для озимых культур можно объединить в две группы: пары и непаровые предшественники. В качестве непаровых предшественников озимых культур широко используют многолетние травы, зернобобовые, кукурузу на силос, лен-долгунец, гречиху, озимые, ячмень и др.

Обработка почвы в чистых парах. Значение чистых паров для озимых культур состоит в сохранении и накоплении влаги в почве, активизации микробиологических процессов и усилении минерализации органического вещества почвы и удобрений, степени очищения пахотного слоя почвы от семян и вегетативных органов размножения сорняков. Обработка чистых паров сильно влияет на величину этих показателей.

Обработку чистых паров подразделяют на летне-осеннюю и весенне-летнюю.

Летне-осенняя обработка чистого пара. Ее начинают после уборки предшественника и проводят так же, как и зяблевую под яровые культуры. Для обработки чистого пара важна глубина зяблевой вспашки. В Нечерноземной зоне чистый пар — лучшее место для углубления пахотного слоя с одновременным внесением органических и минеральных удобрений, а также известности на кислых почвах. Углубление пахотного слоя зависит от мощности гумусового слоя и свойств подпахотного слоя и выполняется одним из ранее описанных способов.

В связи с тем что чистые пары вводят обычно на полях, сильно засоренных корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, перед вспашкой осуществляют несколько лущений для истощения корневой системы этих сорняков.

Проведение глубокой зяблевой вспашки в районах недостаточного увлажнения не всегда оправдано. На черноземах и каштановых почвах резко увеличивается некапиллярная пористость, которая сохраняется до лета следующего года. Повышенная рыхлость почвы способствует потере ею влаги, в этом случае после вспашки целесообразно проводить прикатывание.

Весенне-летняя обработка чистого пара. Проводят ее послойно для очищения пахотного слоя от семян и вегетативных зачатков сорняков. Сущность такой обработки в том, что каждый последующий прием проводят на разную глубину, создавая условия для прорастания сорняков. Кроме того, при весенне-летней обработке почвы необходимо максимально сохранить влагу, накопленную за осень и зиму.

В зоне недостаточного увлажнения для закрытия влаги первую обработку пара начинают с раннего боронования. Последующую обработку почвы проводят безотвальными орудиями — культива-

торами со стрелчатými лапами, плоскорезами, штанговыми культиваторами, лемешными лушильниками со снятыми отвалами и др. Хорошие результаты дает сочетание послойной обработки с поверхностной.

При массовом появлении проростков сорняков после покровного боронования проводят обработку почвы плоскорезами или лушильниками со снятыми отвалами на глубину 14 см. При появлении новых всходов обработку повторяют с уменьшением глубины на 2—4 см. В условиях засушливой погоды после каждой обработки проводят прикатывание, которое способствует уменьшению глыбистости, выравниванию поверхности почвы, снижению испарения влаги.

В оставшийся до посева озимых период для обработки почвы применяют 2—3 культивации на глубину посева семян по мере прорастания сорняков и уплотнения почвы. На полях, засоренных корневищными сорняками, вместо культивации осуществляют лушение дисковыми орудиями.

В первую половину весенне-летней обработки, когда влажность почвы более высокая и влага передвигается по капиллярам, целесообразно применять культиваторы-плоскорезы. Они позволяют уничтожить сорняки и нарушают капиллярный подток влаги к обрабатываемому слою.

Во вторую половину весенне-летней обработки влажность почвы несколько снижается и конвекционно-диффузное испарение преобладает. В этих условиях лучше применять штанговые культиваторы, которые создают на некоторой глубине уплотненную прослойку и снижают передвижение влаги в виде пара, а на поверхности оставляют мульчирующий мелкокомковатый слой почвы. Если почва сильно уплотняется, целесообразно работу этих культиваторов чередовать с плоскорезами.

При обработке чистых паров необходимо учитывать все многообразие почвенных, погодных и хозяйственных условий. Поэтому количество приемов обработки, их глубина, последовательность проведения должны отвечать выполнению основных задач, связанных с сохранением и накоплением влаги в почве и ликвидацией засоренности. Во влажные годы обработку чистого пара проводят глубже и чаще. В засушливые годы, когда влаги в почве меньше и сорняки появляются медленно, число и глубину весенне-летних обработок сокращают. Промежутки времени между обработками должны быть достаточными для прорастания семян и отрастания проростков из вегетативных органов размножения. При применении гербицидов в чистом пару сокращается число культиваций, что способствует большему сохранению влаги и улучшению условий перезимовки озимых.

При летнем уходе за чистыми парами на склоновых землях в районах, где в этот период выпадают ливни и не применяют плоскорезную обработку, во избежание поверхностного стока необходимо предусмотреть обработку почвы специальными орудиями, создающими определенный микрорельеф.

Основную вспашку раннего пара проводят не позднее мая. В одном агрегате с плугом должна работать борона. При таком способе обработки достигают хорошего крошения и выравнивания пашни. Если поверхность почвы выровнена не полностью, необходимо дополнительное боронование.

Дальнейший уход за ранним паром в засушливой зоне состоит из послепахотного прикатывания и культивации по мере появления сорняков. Кроме культиваций и прикатывания после выпадения осадков для разрушения почвенной корки следует проводить боронование.

На полях раннего пара, засоренного пыреем, предпахотное дискование не нужно; необходимо дождаться появления первых побегов в виде шилец и вспахать почву плугами с предплужниками на полную глубину пахотного слоя.

В засушливых и малоснежных районах для защиты озимых культур от вымерзания и увеличения запасов воды в почве на чистых парах высевают высокостебельные растения в виде кулис. Такие пары называют *кулисными*. Кулисные растения в зимний период задерживают снег, который препятствует снижению температуры на глубине узла кушения озимых культур ниже критической, и увеличивают поступление в почву талых вод. В качестве кулисных растений чаще используют подсолнечник, горчицу, курузу, овес.

Наилучший срок посева кулисных растений летний, при котором культуры, посеянные в начале июля, к моменту наступления холодов образуют стеблестой, способный задерживать снег. Посеянные слишком рано, они успевают одревеснеть и во время посева озимых повреждаются.

Кулисные растения, посеянные поздно, не успевают окрепнуть и при наступлении морозов полегают.

Для лучшего сохранения кулис при последующих культивациях и посеве озимых целесообразно применять двухстрочные кулисы с расстоянием между рядками подсолнечника или кукурузы 30 см. Кулисы из горчицы высевают по 5—6 рядков. Расстояние между кулисами должно быть кратным ширине захвата почвообрабатывающих агрегатов, проводящих уход за паром. В европейской части страны расстояние между кулисами должно быть до 18 м, в Сибири — до 12 м.

Посев кулис осуществляют зерновыми сеялками поперек направления господствующих ветров одновременно с культивацией

пара. Озимые культуры высевают поперек кулис или под некоторым углом к ним. Обработку кулисного пара проводят по схеме чистого пара.

В зоне достаточного увлажнения чистые пары служат для проведения мероприятий по борьбе с сорняками и культуртехнических работ (сбор камней, мелиоративные мероприятия и др.).

Зяблевая обработка заключается в глубоком лущении и вспашке при появлении всходов пырея или корнеотпрысковых сорняков. Глубина вспашки определяется мощностью гумусового горизонта и количеством вносимых органических удобрений.

Весной для закрытия влаги и сохранения физической спелости поле боронуют. В дальнейшем для очищения почвы от семян сорных растений применяют послыйную обработку черного пара отвальными орудиями. Каждую последующую обработку проводят на 3—5 см глубже предыдущей. Сущность такой обработки состоит в том, что в течение весенне-летнего периода каждая прослойка почвы толщиной 3—5 см должна определенное время побывать в верхней части пахотного слоя, чтобы находящиеся в ней семена сорных растений смогли прорасти и последующей обработкой быть уничтожены.

При весеннем применении органических удобрений первой обработкой после покровного боронования может быть лущение на глубину 10—12 см, затем проводят перепашку с внесением навоза. Глубина перепашки должна быть меньше глубины зяблевой вспашки (на легких почвах — 16—17 см, на тяжелых — 13—14 см). По мере появления сорняков поле дискуют или обрабатывают лемешными лущильниками. Первое лущение осуществляют на меньшую, а второе — на несколько большую глубину.

За 3—4 нед до посева озимых проводят перепашку на всю глубину пахотного слоя, называемую *двоем паром*. Цель его — перемешать разложившийся навоз, который был внесен осенью или рано весной, и разрыхлить уплотнившуюся почву. С перепашкой запаздывать нельзя, так как ко времени посева озимых семена сорняков из вывернутого слоя почвы могут прорасти и почва осядет. При оседании почвы после посева узлы кушения обнажаются, корни растений обрываются, в результате снижается устойчивость к перезимовке.

Если по каким-либо причинам глубокую перепашку пара нельзя провести за 3—4 нед до посева озимых, вместо нее применяют глубокое безотвальное рыхление, чтобы не вывернуть слой почвы, засоренный семенами сорняков.

После перепашки или глубокого рыхления поле культивируют 1—2 раза. Первую культивацию после перепашки проводят по мере прорастания сорняков, вторую — перед посевом. Для лучшего прорастания семян сорняков, находящихся в почве, весенне-

летние обработки дополняют боронованием, а поздние (глубокое рыхление) — прикатыванием.

В раннем пару весной поле лушат, а при появлении всходов сорняков применяют повторное лушение или глубокую вспашку. Если органические удобрения не вносят, целесообразно вспашку отложить на более поздний срок, а в течение весенне-летнего периода провести несколько лушений, каждый раз увеличивая глубину обработки. Вспашку следует проводить с рыхлением плотного подпахотного слоя. После вспашки до посева озимых поле культивируют по мере появления всходов сорняков.

Обработка почвы в занятых парах. В занятых парах возделывают растения, которые рано освобождают поле для обработки почвы и создают благоприятные условия для озимых культур.

Обработку почвы в занятых парах можно подразделить на два периода: первый — от уборки предшественника до посева парозанимающей культуры, второй — после уборки парозанимающей культуры до посева озимых.

Под парозанимающие культуры основную обработку проводят глубоко, чтобы озимые могли использовать последствие глубокой вспашки. Предпосевную обработку осуществляют в более ранние сроки для создания предпосылок ранней уборки парозанимающей культуры.

Обработка почвы после уборки парозанимающих культур зависит от продолжительности послеуборочного периода, погодных условий, характера и степени засоренности.

Обработка пара, занятого культурами сплошного посева (вико-овсяная и горохо-овсяная смеси, однолетние и многолетние травы на зеленый корм, сено или силос, зернобобовые и др.). Этот пар выполняет почвозащитные функции и обогащает почву корневыми и поукосными остатками, богатыми азотом. Однако для получения высокого урожая парозанимающих растений и высеваемых после них озимых культур необходимо под пар вносить удобрения (на дерново-подзолистых почвах — органические).

После уборки парозанимающих культур сплошного посева на почвах с достаточной влажностью проводят сразу вспашку на глубину пахотного слоя с боронованием и последующими 1—2 культивациями. Если пахотный слой пересох, поле обрабатывают лущильниками, так как при вспашке такой почвы образуются большие глыбы, способствующие дальнейшему ее иссушению и слабому оседанию ко времени посева озимых.

Нецелесообразна вспашка даже хорошо увлажненной почвы при запаздывании с уборкой парозанимающих культур. В этом случае семена сорняков из выворачиваемого слоя не успевают прорасти ко времени предпосевной обработки и будут засорять

озимые. Кроме того, почва не успевает осесть до посева озимых и накопить достаточно влаги, что приводит к снижению урожая.

При ранней вспашке или лушении с появлением всходов сорняков проводят дополнительное лушение и предпосевную культивацию. При сухой погоде одновременно с лушением поле прикапывают.

После уборки трав на сено или зеленый корм осуществляют вспашку с боронованием, а если пахотный слой пересох, поле предварительно лушат. Перед посевом применяют культивации на глубину заделки семян озимых культур. Предпахотное лушение рекомендуют при обработке трав с плотной и связной дерниной, сильной засоренностью многолетними сорняками.

При обработке занятых паров необходимо избегать шаблона. В годы, когда почва хорошо крошится, растительные остатки заделываются полностью и вспашка полезнее мелкого рыхления. При ранних сроках уборки предшественника предпочтительнее глубокая обработка поля. Однако при мелком рыхлении после уборки парозанимающих культур сокращается время подготовки почвы и появляется возможность посеять озимые в оптимальные сроки.

Обработка паров, занятых пропашными культурами. Здесь возделывают ранние сорта картофеля, кукурузу на зеленый корм или силос и др. Под пропашные культуры, если позволяет гумусовый слой, необходимо проводить глубокую зяблевую вспашку плугом с предплужником. На почвах с небольшим перегибным горизонтом применяют вспашку с почвоуглубителями.

На переувлажненных дерново-подзолистых почвах зяблевую вспашку под картофель можно заменить обработкой лемешными лушильниками или гребневой вспашкой. Весной это поле следует вспахать на глубину пахотного слоя, а при наличии плужной подошвы — плугами с вырезными корпусами или с почвоуглубительными лапами.

Паровые поля, занятые пропашными культурами, характеризуются более рыхлым строением почвы, меньшей засоренностью и коротким послеуборочным периодом. Это позволяет при подготовке почвы к посеву озимых культур ограничиться поверхностной обработкой — лушением с одновременным боронованием. При наличии на поле многолетних сорняков и растительных остатков необходимо провести вспашку с боронованием с последующим прикапыванием.

В южных районах страны после кукурузы и подсолнечника обработку почвы проводят в 1—2 следа дисковой тяжелой бороной, а в сухую погоду одновременно прикапывают.

Поверхностная обработка паров, занятых пропашными культурами, более эффективна, чем вспашка.

В лесостепной и степной зонах при вспашке сухой почвы образуется глыбистая поверхность, которая увеличивает испарение влаги. Глыбистая почва плохо оседает, поэтому всходы получают неравномерными и сильно изреживаются при перезимовке.

В Нечерноземной зоне в занятом пару широко выращивают ранний картофель. После его уборки поле обрабатывают культиваторами или лушильниками с боронованием.

Обработка сидеральных паров. Занятый пар, засеваемый бобовыми культурами для заделки их в почву на зеленое удобрение, называется *сидеральным*. В качестве сидеральных культур выращивают однолетний и многолетний люпин, сераделлу, донник и ряд других культур.

Положительное действие бобовых сидератов на урожайность озимых и последующих культур севооборота и плодородие почвы проявляется только при запахивании большой массы растений.

Для сидерального пара на песчаных и супесчаных почвах надежной культурой является люпин. Под люпин на незасоренных многолетними сорняками полях проводят одно лушение для уничтожения пожнивных сорняков. Вспашку с одновременным боронованием осуществляют рано весной, так как при осенней вспашке на легких почвах может усилиться вымывание питательных веществ. Однако при наличии многолетних сорняков почву после лушения следует глубоко вспахать во время появления проростков сорной растительности.

Зяблевая вспашка с весенним боронованием под люпин на плотных песчаных и супесчаных почвах эффективнее весенней с последующей культивацией и прикатыванием.

На бедных дерново-подзолистых почвах под люпин целесообразно проводить углубление пахотного слоя. Для этого предварительно пропущенное поле пашут с выворачиванием подзолистого горизонта. Весной после боронования проводят глубокое рыхление или перепашку.

Растительную массу люпина запахивают во время образования сизых бобиков плугами с дисковыми ножами, установленными перед каждым корпусом. Для лучшей заделки вегетативную массу перед вспашкой следует прикатать или скосить. Через 2—3 нед после заделки люпина поле дискуют, а за 3—4 нед до посева озимых проводят перепашку пара. Если растительная масса ко времени перепашки плохо разложилась, ее заменяют глубоким рыхлением. Недостаточно осевшую почву прикатывают, а перед посевом озимых культур проводят культивацию на глубину заделки семян.

В сидеральных парах успешно возделывают донник белый, который высевают под покров зерновых культур. На следующий год

в фазе цветения зеленую массу донника запахивают. Для лучшей заделки растительной массы перед уборкой впереди плуга пускают силку или каток.

В Центрально-Черноземной зоне первый укос зеленой массы донника используют на корм, а при отрастании запахивают на сидерат.

Запаханная зеленая масса бобовых растений быстро разлагается и обогащает почву доступными для растений озимых культур питательными веществами.

Обработка почвы после непаровых предшественников (озимые и яровые зерновые, зерновые бобовые, гречиха, лен-долгунец, кукуруза на зерно, подсолнечник и др.). Она должна быть строго дифференцирована в зависимости от предшественника, почвенных и погодных условий, засоренности. Важные факторы, определяющие систему обработки, — наличие влаги в почве после уборки предшественников и продолжительность послеуборочного периода.

После колосовых культур на юге европейской части страны проводят полупаровую обработку почвы. При достаточной влажности применяют вспашку, а затем по мере прорастания сорняков поле 2—3 раза культивируют. Если почва за период вегетации предшествующей культуры потеряла много влаги, то вслед за уборкой проводят лушение и после этого пашут. До посева озимых поле культивируют с одновременным боронованием и прикатыванием.

В лесостепной и степной зонах широко распространены полупаровая обработка с применением плоскорезующих орудий. При этом оставление стерни на поверхности препятствует эрозии почвы, задерживает на полях снег и повышает влагообеспеченность озимых культур. Посев озимых проводят стерневыми сеялками.

В Нечерноземной зоне после ячменя целесообразно провести лушение лемешными лушильниками на 10—12 см с последующей обработкой агрегатом РВК-3 или лушение дисковыми лушильниками с последующей вспашкой на 20—22 см и прикатыванием тяжелым катком.

После уборки кукурузы и подсолнечника при низком содержании влаги в почве вместо вспашки применяют лушение на глубину 8—10 или 10—12 см с прикатыванием и боронованием.

В районах Северного Кавказа и Закавказья после кукурузы поле обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами на глубину 8—10 см вдоль и поперек. Перед посевом озимых почву культивируют на глубину заделки семян. В засушливые годы одновременно со вторым лушением применяют прикатывание почвы.

В льносеющих районах озимые с успехом высевают после льна, идущего по многолетним травам. После уборки льна поле обрабатывают культиваторами со стрелчатыми лапами, хорошо подрезающими сорняки и рыхлящими почву, или лемешными лушильниками на 10—12 см. Если пласт многолетних трав разложился не полностью, вместо культивации применяют лущение дисковыми лушильниками.

На уплотненных и засоренных сорняками почвах вспашку проводят сразу после уборки льна. Последующая обработка состоит из культиваций с боронованием и прикатыванием кольчатыми катками.

В лесостепной и лесолуговой зонах значительные площади озимых размещают после многолетних трав. При влажной почве на таких полях сразу необходима вспашка плугом с предплужником на глубину пахотного слоя. При недостаточной влажности для лучшей заделки дернины применяют лущение, а затем вспашку. Позже проводят поверхностную обработку. Для устранения повреждений растений при оседании почвы поле прикатывают.

Обработка почвы при возделывании озимых культур по интенсивной технологии. Ее проводят в соответствии с рекомендациями для каждой почвенно-климатической зоны. При этом особое внимание уделяют применению ресурсосберегающих приемов, частичной замене механических обработок химическими и обеспечению тщательного выравнивания почвы.

Способ основной обработки почвы зависит от почвенно-климатических условий зоны и предшественника. Перед началом работы тщательно затачивают рабочие органы и регулируют дисковые и плоскорежущие орудия, комбинированные агрегаты и плуги.

Для обеспечения высокого качества отвальной обработки почвы используют приспособление ПВР-3,5 с полунавесным 7—9-корпусным плугом и ПВР-2,3 с полунавесным ПЛП-6-35.

Предпосевную подготовку почвы проводят культиваторами КШП-8, КПС-4, почвообрабатывающими машинами РВК-3, РВК-3,6 и ВИП-5,6. Подготовленное под посев поле должно содержать в обработанном слое не менее 80 % по массе почвенных комочков размером от 1 до 5 см. Наличие комков более 10 см не допускается. Отклонение глубины обработки почвы от заданной не должно превышать ± 1 см.

Предпосевную подготовку почвы проводят под углом к основной обработке с перекрытием между смежными проходами в 16—20 см. Наиболее целесообразный способ движения почвообрабатывающих агрегатов — челночный.

2.5.11. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ МЕЛИОРИРУЕМЫХ И ВНОВЬ ОСВАИВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Обработка орошаемых земель. Орошение оказывает многостороннее воздействие на плодородие почвы и его воспроизводство. Оно связано с изменениями водно-воздушного, теплового и пищевого режимов, а также характера поступления и превращения минеральных и органических веществ.

Создавая благоприятные условия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, орошение может привести к отрицательным последствиям: вторичному засолению и заболачиванию, ирригационной эрозии почвы, загрязнению водоемов удобрениями и пестицидами и т. д.

В условиях орошения основными задачами обработки почвы являются:

- поддержание хорошей структуры почвы и оптимального строения пахотного слоя;

- подготовка почвы к поливу, обеспечивающая заданный режим орошения с минимальной затратой оросительной воды;

- устранение и предупреждение эрозии, засоления и заболачивания земель;

- борьба с сорной растительностью.

Успешное выполнение этих задач и особенности системы обработки почвы зависят от способов орошения и вида полива.

Существует три способа орошения: поверхностный, дождевание и подпочвенный.

При *поверхностном способе* вода распределяется по поверхности почвы или сплошным слоем (затопление, полосы), или по бороздам. В первом случае вода в почву поступает путем поглощения ее в вертикальном направлении, во втором — главным образом в боковом направлении.

При *дождевании* вода разбрызгивается в виде дождя над орошаемой площадью с помощью специальных аппаратов.

При *подпочвенном способе* вода поступает по заложенным в земле трубам и увлажнение почвы происходит за счет ее всасывающей силы.

Самый распространенный способ орошения — поверхностный. Широкое применение получило дождевание.

Виды полива: влагозарядковый, предпахотный, провокационный, вегетационный и др.

Важная особенность обработки почв в условиях орошения — выравнивание поливных участков путем проведения планировочных работ. Выравнивание необходимо для равномерного распределения поливной воды по полю, чтобы избежать заболачивания, вторичного засоления, развития эрозионных процессов. Оно по-

звolyет применять механизацию и автоматизацию полива, повышает производительность труда и создает предпосылки для экономного расходования воды.

При поливе происходит уплотнение почвы, вследствие чего уменьшаются водо- и воздухопроницаемость, биологическая активность почвы. Кроме того, на распыленных почвах часто образуется почвенная корка, препятствующая прорастанию семян и затрудняющая нормальный рост растений. В этом случае необходимо применение рыхлящих почвообрабатывающих орудий. Это вторая особенность обработки орошаемых земель.

При зяблевой обработке недостаток влаги в почве восполняется *предпахотным поливом*, в результате которого пересохшая почва приобретает физическую спелость, а для семян сорных растений создаются хорошие условия для прорастания. Для этого полива целесообразно сохранить имеющуюся поливную сеть, не проводя предпахотного лущения. При отсутствии поливной сети ее создают перед поливом по взлущенному полю.

В условиях орошения применяют глубокую вспашку, которую в зависимости от мощности гумусового слоя проводят с выворачиванием или с рыхлением подпахотного слоя. Глубокая вспашка без выноса подпахотного слоя на поверхность полезна на луговых и лугово-болотных почвах, солонцах, которые содержат в нижнем горизонте вредные соли натрия, железа, алюминия.

На почвах тяжелого гранулометрического состава глубокую вспашку необходимо проводить чаще, чем на легких, с изменением глубины для предупреждения образования плужной подошвы.

Для проведения *влагозарядковых поливов* одновременно со вспашкой делают валики или нарезают борозды. Валики создают при помощи плуга с удлиненными отвалами, а борозды могут быть сделаны при удлинении второго и четвертого отвалов у четырехкорпусного плуга или при вспашке обычным плугом со специальными борозделателями. Пашут и нарезают борозды вдоль склона, а затем в поперечном направлении нарезают выводные борозды через 150—400 м одна от другой в зависимости от крутизны склона.

После полива валики и борозды выравнивают при проведении лущения на чистых от сорняков полях или при помощи культивации с предварительным боронованием на засоренных сорняками почвах.

Для борьбы с сорняками применяют *провокационные поливы*. Их проводят после уборки сельскохозяйственных культур с целью создания благоприятных условий для прорастания семян сорняков. После массового появления всходов сорных растений их уничтожают обработкой. Провокационные поливы можно применять в предпосевной период или в другое время.

Предпосевная обработка почвы на поливных землях должна проводиться с особой тщательностью, чтобы придать поверхности поля мелкокомковатую структуру и выровнять его. Первым приемом обработки в этих условиях будет раннее боронование для уменьшения испарения влаги и задержания подтока минеральных солей из нижних горизонтов. Последующая обработка с целью рыхления и уничтожения сорняков состоит из культивации с одновременным боронованием.

Глубина культиваций зависит от способа полива и степени уплотненности почвы. На сильно уплотненных почвах с применением влагозарядковых поливов необходимо глубокое безотвальное рыхление чизель-культиваторами. При полосном орошении культур сплошного посева глубину предпосевной культивации увеличивают на 3—4 см по сравнению с обычной глубиной, так как валикоделатель, идущий впереди сеялки, снимает верхний слой почвы и формирует валик. Глубокая предпосевная культивация необходима при орошении по бороздам. В других случаях культивацию проводят на глубину посева семян.

Под поздние яровые культуры после ранневесеннего боронования поле культивируют 2—3 раза. Первую культивацию проводят глубже, а предпосевную — на глубину посева семян. При излишней рыхлости почву прикатывают или применяют мало-

Междурядные обработки на орошаемых почвах глубже, чем на неорошаемых. Хорошие результаты дает щелевание междурядий пропашных культур при поверхностном поливе и дождевании. Уничтожение сорняков необходимо сочетать с подготовкой поля к поливу (нарезкой борозд).

После вегетационных поливов при подсыхании верхнего слоя образуется почвенная корка. Для ее уничтожения применяют зубовые бороны и ротационные мотыги.

Обработка вновь осваиваемых земель. Вновь осваиваемые земли резко различаются между собой по степени оподзоленности, гранулометрическому составу, количеству и качеству органического вещества, рельефу и степени увлажнения. Растительный покров вновь осваиваемых земель представлен в основном травами и кустарниками. Такие земли, вышедшие из оборота, занимают 20 млн га.

Торфяно-болотные почвы имеют высокое потенциальное плодородие. Одни из первых задач по их освоению — уничтожение естественной растительности и рыхление верхнего слоя. Для этой цели используют кустарниково-болотные плуги, фрезы, тяжелые дисковые бороны и другие орудия.

Для вспашки обычные плуги с предплужниками не годятся, так как нижний слой этих почв плохо крошится. Ее осуществляют кустарниково-болотными плугами с широкими лемехами и винто-

выми отвалами. Если грунтовые воды находятся близко к поверхности, необходимо предварительное глубокое рыхление безотвальными орудиями, чтобы улучшить воздухопроницаемость и теплопроводность для активизации биологических процессов.

На почвах с плохо разложившимися древесными остатками обработку проводят тяжелыми дисковыми боронами.

Лучший срок основной обработки осушенных торфяно-болотных и заболоченных почв в северных районах — лето, в южных — ранняя осень.

Через 2—3 нед после вспашки поле обрабатывают тяжелой дисковой бороной, а на хорошо разложившихся торфяниках дискование можно перенести на весну.

В последующие годы для основной обработки рекомендуют применять фрезы и тяжелые дисковые бороны, так как плугом можно вывернуть неразложившуюся дернину и семена сорных растений.

При большой рыхлости пахотного слоя необходимо прикатать почву тяжелыми водоналивными катками.

Для активизации микробиологической деятельности на торфяно-болотных почвах рекомендуют вносить навоз, минеральные удобрения в сочетании с микроэлементами, применять бактериальные препараты.

Пойменные почвы с мощным гумусово-аккумулятивным горизонтом обрабатывают плугами с предплужниками: с маломощным — сначала дискуют, а затем проводят глубокое рыхление. На увлажненных почвах рыхлят подпахотный слой. Весной эти почвы обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами в сцепе с зубowymi на глубину 15—17 см, чтобы не вывернуть запаханную дернину.

В течение последующих двух-трех лет почву обрабатывают дисковыми или безотвальными орудиями.

При обработке низинных луговых участков применяют плуги с почвоуглубителями и кротователями, а также безотвальные плуги. Для лучшей заделки дернины используют плуги с винтовыми отвалами. Тяжелые и сильно увлажненные почвы пашут раньше других, чтобы дернина лучше разложилась.

Обработку земель из-под леса и кустарника осуществляют с учетом мощности лесной подстилки и гумусового слоя. При мощной лесной подстилке полезна глубокая обработка. Почвы с маломощным дерновым горизонтом дискуют, а затем проводят глубокую безотвальную обработку. Для расширенного воспроизводства плодородия этих почв нужно достаточное количество удобрений и извести. Предпосевная обработка состоит из боронования, дискования и прикатывания.

Почву с небольшим кустарником обрабатывают кустарниково-болотным плугом. Запаханый кустарник служит хорошим дрени-

рующим материалом и, постепенно разлагаясь, он обогащает почву органическими веществами.

Высокий кустарник до обработки почвы необходимо удалить с поля. Для облегчения выкорчевки кустарник следует за год до этого обработать арборицидами — химическими препаратами для уничтожения нежелательной древесно-кустарниковой растительности. После уборки кустарника при мощности перегнойного горизонта свыше 16 см поле пашут кустарниково-болотным плугом. В течение лета пласт обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами.

При выпашивании подзолистого или глеевого горизонта необходимо вносить фосфоритную муку, органические удобрения и заделывать их во время дискования.

Весной перед посевом применяют дискование без выворачивания запаханного кустарника и дернины. В течение нескольких последующих лет осваиваемые земли из-под кустарника обрабатывают дисковыми орудиями. После полного разложения кустарника почву пашут плугами с предплужниками.

При освоении малопродуктивных суходольных почв обработку проводят дифференцированно в зависимости от гранулометрического состава и мощности гумусового горизонта.

Почвы легкого гранулометрического состава обрабатывают с припахиванием подзолистого слоя и выносом его на поверхность. Глинистые и суглинистые почвы пашут на глубину дернового слоя с одновременным рыхлением подзолистого горизонта. На участках с маломощным гумусовым слоем целесообразно проводить обработку дисковыми орудиями с последующей безотвальной вспашкой.

Для борьбы с корневищными сорняками используют многоразовое дискование, а если позволяет мощность дернового слоя — метод удушения.

Тяжелые почвы начинают обрабатывать раньше, а легкие позже. Под озимые культуры обработку проводят начиная с весны, под яровые — ранней осенью. Основную обработку в последующие годы проводят лемешными или дисковыми луцильниками, не выворачивая дернину.

Вновь осваиваемые земли в лесостепной и степной зонах характеризуются высоким естественным плодородием, за исключением солонцовых почв. Однако питательные вещества, особенно азот и фосфор, находятся в органических и минеральных соединениях, не доступных для растений.

Из-за сильного уплотнения и большого расхода влаги травянистой растительностью такие почвы быстро пересыхают, поэтому обработку их надо проводить за год до посева сельскохозяйственных культур, пока верхний слой находится во влажном состоянии.

При освоении целинных и залежных земель необходимы уничтожение травянистой растительности, хорошая заделка дернины, создание оптимального строения пахотного слоя и предупреждение эрозии. Этим требованиям отвечает вспашка плугом с предплужником и одновременным боронованием. Если почва плохо крошится, необходимо предпахотное дискование.

Глубина вспашки должна быть такой, чтобы обеспечить полный оборот пласта и заделку дернины в слой рыхлой почвы, т. е. не менее 25 см.

Мелкая вспашка задернелых почв не обеспечивает хорошего оборота пласта и необходимой заделки дернины, что приводит к ее иссушению. Кроме того, она способствует быстрому распространению сорняков.

Почвы с небольшим гумусовым слоем обрабатывают на глубину его залегания или с почвоуглублением без выворачивания менее плодородного слоя.

После вспашки поверхность выравнивают боронованием или дискованием, которые проводят вдоль или по диагонали пластов. По мере появления сорняков применяют культивации или обработку лемешными лушильниками.

Важный прием в системе обработки вновь осваиваемых целинных и залежных земель — прикатывание. Оно размельчает глыбы и крупные комки, выравнивает и уплотняет верхний слой пашни. Для этого применяют кольчатые или гладкие катки с рыхлением поверхности легкими боронами.

На второй год после начала освоения можно ограничиться проведением поверхностной обработки и глубоким рыхлением. В этом случае запаханная в год освоения дернина остается в глубине пахотного слоя, а растительные остатки убранной культуры будут способствовать снегозадержанию. В районах ветровой эрозии необходимо шире использовать культиваторы-плоскорезы, которые способствуют сохранению большого количества стерни.

При освоении солонцов в зависимости от их свойств надо пахать на глубину надсолонцового горизонта с предварительным внесением гипса и рыхлением плотного подпахотного слоя почвоуглубительными лапами или многоярусными плугами с вовлечением нижних слоев, богатых гипсом.

При небольшой мощности надсолонцового горизонта в Сибири наиболее эффективна послойная обработка. При этом способе гумусовый горизонт обрабатывают фрезой на всю глубину, затем поле рыхлят специальными рыхлителями, состоящими из чередующихся рыхляще-подрезающих и чизельных лап. Первые рыхлят солонцовый горизонт в вертикальной и горизонтальной плоскостях, вторые хорошо рыхлят и частично перемешивают солонцовый горизонт с нижележащими.

2.5.12. КОНТРОЛЬ ЗА КАЧЕСТВОМ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

В условиях возрастающей интенсификации сельскохозяйственного производства качество выполнения полевых работ играет важную роль в повышении и стабилизации урожайности культурных растений. Нарушения агротехнических требований обработки почвы, посева и мероприятий по уходу за сельскохозяйственными культурами приводят к снижению эффективности применения удобрений, химических средств защиты растений, мелиорации и других факторов повышения урожайности. Кроме того, отклонение от установленных параметров при проведении обработки почвы способствует развитию эрозионных процессов, снижению плодородия и продукционной способности почв. Поэтому за проведением полевых работ необходимо осуществлять постоянный контроль.

Контроль за качеством полевых работ должен быть оперативным и действенным, находиться в центре внимания агрономов, чтобы своевременно замеченные недостатки устранить по ходу выполнения соответствующих приемов.

В сельскохозяйственном производстве контроль за качеством связан с определенными трудностями, обусловленными многообразием факторов, действующих в природных условиях. С одной стороны, это неоднородность почвенного покрова (неодинаковая влажность и физико-механические свойства, разные по крутизне склоны и наличие микропонижений), с другой — технологические требования к выполнению полевых работ (глубина обработки, ширина междурядий, норма высева, способ посева и др.).

К общим показателям качества проведения полевых работ относятся: срок, наличие огрехов, глубина и ее равномерность.

Соблюдение срока выполнения работ — обязательное требование при оценке всех видов полевых работ. Отклонение от оптимального срока при обработке почвы приводит к потере влаги, увеличению энергетических и трудовых затрат на доведение ее до необходимого состояния, задержке с выполнением других полевых работ, увеличению засоренности, а также к изменению внутренних свойств почвы.

Наличие огрехов (пропущенных или плохо обработанных мест) — показатель неудовлетворительной работы. Они способствуют засоренности полей, затрудняют выполнение последующих работ, увеличивают пестроту почвенного плодородия.

Глубина и равномерность выполнения работ оказывают большое влияние на плодородие почвы (мощность пахотного слоя и его структуру, фитосанитарное состояние, активность биологических процессов, наличие усвояемых питательных веществ), водно-воздушный и тепловой режимы.

Наряду с общими показателями качества каждому приему обработки почвы, посеву и уходу за культурами присущи свои, которые определяются стоящими задачами.

К показателям качества *луцения жнивья* относятся: полнота заделки семян и подрезания вегетирующих сорняков; обработка контрольных и разворотных полос; соблюдение направления обработки пашни; прямолинейность движения агрегата.

При проведении *основной вспашки* плугом с культурным отвалом показателями качества являются: полный оборот пласта, его крошение и рыхление; выровненность поверхности пашни и отсутствие глыбистости; заделка пожнивных остатков, дернины многолетних трав, семян и вегетирующих сорняков, органических и минеральных удобрений. Необходимо также соблюдать прямолинейность движения агрегата, иметь контрольные и разворотные полосы и осуществлять последующую их распаху.

Качество *плоскорезной обработки* оценивают по сохранению стерни, подрезанию сорняков, соблюдению стыковых перекрытий в смежных проходах агрегата, прямолинейности.

Боронование проводят под углом к направлению вспашки, что способствует лучшему рыхлению и крошению почвы. После боронования верхний слой почвы должен быть рыхлым и не иметь крупных глыб, комьев, гребней и борозд.

Боронование почвы с повышенной влажностью приводит к замазыванию и образованию корки, с пониженной — делает поверхность почвы глыбистой.

Следовательно, качественными показателями боронования будут: выровненность поверхности пашни, отсутствие глыб, соблюдение направления обработки пашни, прямолинейность движения агрегата, отсутствие огрехов.

При проведении *культивации* необходимо обращать внимание на степень крошения и отсутствие глыб, полноту подрезания сорняков, выровненность пашни; соблюдение направления обработки пашни (первую культивацию проводят поперек направления основной вспашки, последующие — перпендикулярно к первой); прямолинейность движения агрегата; заделку следов колес и гусениц трактора; обработку контрольных и разворотных полос.

Качественные показатели *посева*: равномерность высева семян каждым сошником по принятым нормам; равномерность заделки семян во влажный слой почвы; прямолинейность рядков; соблюдение ширины стыковых междурядий и квадратов при квадратно-гнездовом способе посева; прямолинейность движения агрегата; засев контрольных и разворотных полос.

Качественные показатели *междурядной обработки*: полное подрезание сорняков в междурядьях, отсутствие подрезания и заваливания рядков культурных растений.

Контроль за качеством полевых работ осуществляют глазомерно, а также с использованием простейших приборов и оборудования (бороздомера, профилемера, квадратной метровой рамки, бура Калентьева, линейки с делением, трости агронома и др.).

Для оценки качества выполнения основных видов полевых работ разработаны шкалы с различной градацией показателей. В основу пятибалльной шкалы положены комплексные статистические критерии, позволяющие точно и объективно оценить каждый показатель качества выполнения работ.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое обработка почвы и какое влияние она оказывает на плодородие почвы? 2. Назовите основные задачи обработки почвы. 3. Какие технологические операции выполняют почвообрабатывающие орудия? 4. Какое влияние оказывают физико-механические свойства почвы на качество обработки? 5. Что такое физическая спелость почвы и как ее определить? 6. Каковы приемы поверхностной обработки почвы и особенности их применения в зоне достаточного увлажнения и в засушливых условиях? 7. Какое значение имеет глубина обработки почвы для сельскохозяйственных растений и повышения плодородия? 8. Какие существуют способы углубления пахотного слоя дерново-подзолистых, серых лесных, черноземных почв и солонцов? 9. Почему в севообороте необходима разноглубинная обработка почвы? 10. Что такое минимальная обработка почвы и каковы ее теоретические основы? Назовите основные направления минимальной обработки почвы. 11. Что такое система обработки почвы и от каких факторов она зависит? 12. В чем состоят преимущества зяблевой обработки почвы? 13. В чем заключается полупаровая обработка почвы под яровые культуры? 14. В чем состоят отличия основной обработки почвы после культур сплошного посева и пропашных культур? 15. Как надо обрабатывать почвы под яровые культуры после многолетних трав? 16. Каковы особенности обработки почвы под яровую пшеницу в восточных районах страны? 17. Каковы задачи предпосевной обработки почвы? 18. Назовите различия предпосевной обработки почвы под ранние и поздние культуры. 19. Какое влияние оказывают сроки внесения органических удобрений на предпосевную обработку почвы? 20. Чем отличается система обработки почвы в чистом пару под озимые культуры в засушливых районах и в зоне достаточного увлажнения? 21. Как влияет засоренность полей на систему обработки почвы под озимые культуры? 22. Каковы особенности обработки почвы в занятых парах? 23. Как надо обрабатывать почву под озимые культуры после непаровых предшественников? 24. Каковы особенности обработки почвы в условиях орошения? 25. Какие задачи стоят перед обработкой почвы на вновь осваиваемых землях? 26. Назовите основные показатели качества проведения полевых работ. 27. Какие существуют методы контроля за качеством выполнения полевых работ?

2.6. ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ И ДЕФЛЯЦИИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

2.6.1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ И ВРЕДНОСНОСТЬ ЭРОЗИИ И ДЕФЛЯЦИИ

Известно множество фактов разрушения и деградации почв под действием эрозии. По подсчетам ученых, за последние 200 лет эрозия уничтожила около 2 млрд га пашни. Это больше, чем сейчас обрабатывается земель на планете (около 1,5 млрд га).

Слово «эрозия» происходит от латинского *erosio* — разъедание, разрушение почвы. Если этот процесс протекает под действием воды, то его называют *водной эрозией*, под действием ветра — *ветровой эрозией*, или *дефляцией*.

Наиболее вредоносная разновидность водной эрозии — *овражная эрозия* (оврагообразование, потеря площади), а ветровой — *пыльные*, или *черные*, *бури*, способные за несколько часов уничтожить посевы и снести верхний слой почвы, засыпать оросительные сети и водоемы.

В лесостепной и нередко в степной зонах России одновременно проявляются водная и ветровая эрозии — *совместная эрозия*. Схема ее примерно такова: весенний сток и смыв почвы — иссушение — распыление (при многократных обработках) — дефляция (выдувание, развеивание, перенос) или сильное распыление почвы (в засушливые годы при многократных обработках) — ливневый сток (летом) — сильный смыв и размыв почвы. Нередки случаи, когда пахотный слой почти полностью смывается водой и уносится ветром. На сильнораспыленных полях ветровую эрозию верхнего слоя почвы можно наблюдать через несколько часов после дождя.

По темпам проявления и степени разрушения эрозию почв разделяют на *нормальную* — снос и смыв почв не превышает темпа почвообразования и *ускоренную* — превышает. Нередко нормальную эрозию называют *естественной*, или *геологической*, а ускоренную — *антропогенной*. В районах искусственного орошения проявляется *ирригационная эрозия*, в горных — *сели*.

Районы распространения. Северная граница проявления ветровой эрозии проходит по линии Воронеж — Самара — Челябинск — Петрозаводск — Омск — Новосибирск и далее в Восточной Сибири (Хакасия, Бурятия, Тува, Читинская область). Все пахотно-пригодные земли и пастбища, расположенные южнее, требуют почвозащитных мероприятий от ветровой эрозии. Потенциально опасны для развития ветровой эрозии регионы Поволжья, Северного Кавказа, Уральского района и Сибири, площадь сельскохозяйственных угодий которых составляет более 45 млн га, из них 28,7 млн га пашни.

В Российской Федерации 36,5 млн га сельскохозяйственных угодий, подверженных водной эрозии, в том числе 24,7 млн га пашни. Эрозионные процессы, вызываемые талыми и ливневыми водами, проявляются в основном в регионах лесостепенной зоны. Наиболее активные очаги водной эрозии распространены в районах Центрально-Черноземной зоны, Поволжья, Центрального района, Нечерноземной зоны, Северного Кавказа. Сток талых вод в этих районах достигает 100 мм.

В Нечерноземной зоне значительная часть сельскохозяйственных угодий расположена на склонах. По подсчетам Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, в зоне на склонах до 1° расположено 34 % пашни, от 2 до 3° — 3, от 3 до 5° — 17, от 5 до 7° — 7 и более 7° — 3%. На данной территории 38 % пашни эродировано, а 62 % находятся в эрозионно опасном состоянии.

Имеется немало примеров, когда распространение эрозии на огромных территориях происходило быстро и приводило к истощению почв и разрушению земель. Разрушение и деградация земель сильно развиты в Канаде, Индии, Китае, Австралии, большинстве стран Африки, Европы и Азии. 300 лет назад южная граница Сахары проходила на 400 км севернее, чем сегодня.

В США в результате эрозии к середине 50-х годов прошлого века было разрушено около 40 млн га пахотных земель, в том числе 20 млн га практически выведено из использования. В США в настоящее время полностью разрушено или серьезно повреждено около 115 млн га пахотной земли, а 313 млн га в различной степени подвержено эрозии.

В России интенсивное развитие и распространение эрозии почв началось во второй половине XIX в. Распашка земель за счет уничтожения лесов и травянистой растительности и низкий уровень агротехники в условиях равнинного рельефа привели к активному развитию и распространению эрозии. К таким регионам можно отнести Центрально-Черноземную зону.

В Центрально-Черноземной зоне России в 1846 г. под пашней находилось 41,2 % территории, под лесом — 20, под целиной — 23,2 %. К 1887 г. площадь пашни увеличилась до 69 %, а площади лесов и целинных земель сократились до 25,6 %. В 1914 г. распашанность территории составляла уже около 80 %, а площадь лесов сократилась до 6—7 %. В настоящее время удельный вес пашни в ряде районов достигает 90 % и более.

Изучив объективно существующие закономерности и установив причины распространения эрозии, можно не только ограничить, но и предотвратить проявление этого неблагоприятного явления.

Факторы развития эрозии. Степень проявления эрозии зависит от комплекса факторов: климата, почвенного и растительного по-

кровов, рельефа, геологии и хозяйственного использования земель.

Из *климатических* факторов на развитие водной эрозии наиболее существенно влияют осадки и режим их выпадения, особенно ливневые дожди, наиболее опасные в период недостаточного развития или отсутствия растительности на пашне (рис. 41).

За один ливень в зависимости от его интенсивности и крутизны склона с 1 га пашни смывается от 10 до 50 т почвы. Нередки случаи смыва всего пахотного слоя, прироста оврагов до 50 м.

В Нечерноземной, Центрально-Черноземной зонах, в Поволжье, Западной Сибири и других регионах страны широко распространена эрозия почвы от стока талых вод. Среднегодовой запас воды в снежном покрове здесь может достигать 100 мм и более. Эта огромная масса воды весной за 7—10 дней стекает с полей, разрушая почву вплоть до образования оврагов.

Противоэрозионная устойчивость почв — фактор развития эрозии, зависящий от их физико-химических, водно-физических свойств и гранулометрического состава. Из физико-химических свойств почвы важнейшими являются содержание гумуса и состав поглощающего комплекса. Рыхлое сложение почвы и увеличение водопроницаемости способствуют уменьшению смыва и размыву почвы. Почвы с водопрочной структурой лучше противостоят механическому разрушению.

Один из важнейших факторов развития водной эрозии — *рельеф местности*. Установлено, что смыв почвы увеличивается прямо пропорционально уклону. При увеличении уклона почвы с 2 до 4° смыв почвы возрастает в 1,8 раза, а с 4 до 8° — в 7,2 раза. На водную эрозию значительно влияет протяженность склона. По данным А. Д. Орлова, смыв почвы возрастает при удвоении линии стока с 50 до 100 м в 2,9—3,7 раза.

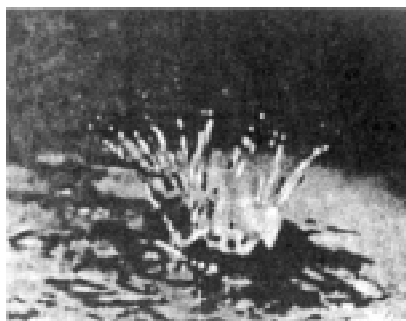


Рис. 41. Удар дождевой капли — основная действующая сила, разрушающая частицы почвы

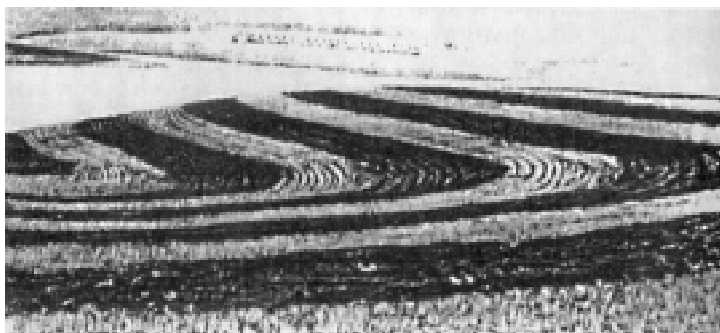


Рис. 42. Контурная обработка почв на склонах

На размеры смыва почвы существенное влияние оказывают форма и экспозиция склонов. Южные склоны эродированы, как правило, больше, чем северные и северо-восточные. На склонах необходимо проводить контурную обработку почв (рис. 42).

Важные факторы, определяющие развитие эрозионных процессов, — генезис, тип почвы, противоэрозионные свойства которой определяются прежде всего ее гранулометрическим составом, содержанием гумуса, сложением, структурой, водопрочностью и т. д. К водной и ветровой эрозии более устойчивы черноземы и дерново-подзолистые суглинистые почвы.

Растительный покров уменьшает или полностью предупреждает развитие эрозии и дефляции. Чем мощнее растительный покров, выше проективное покрытие почвы, тем слабее эрозионные процессы. Вегетативная масса, в основном листья, защищает почву от разрушительной силы дождевых капель, а корневые системы растений скрепляют почвенные частицы, препятствуют размыву и смыву почвы. Защиту почвы растениями от эрозии выражают *коэффициентом эрозионной опасности*.

<i>Культуры</i>	<i>Коэффициент эрозионной опасности</i>
Чистый пар	1,0
Пропашные	0,7—0,9
Яровые зерновые	0,4—0,5
Озимые зерновые	0,2—0,3
Многолетние травы	0,01—0,05

Наилучшими почвозащитными свойствами обладают многолетние травы (люцерна, клевер, кострец, ежа сборная, эспарцет и др.). Развитая вегетативная масса и мощная корневая система надежно предохраняют почву от эрозии и обогащают ее органическим ве-

шеством. На втором месте по почвозащитным свойствам стоят озимые культуры, на последнем — пропашные и чистый пар.

Различная *почвозащитная способность* сельскохозяйственных культур определяется их биологическими и агротехническими свойствами, а также режимом выпадения осадков. Например, в районах, где водная эрозия вызывается стоком талых вод, наибольшее противоэрозионное значение имеют многолетние травы, а там, где сток связан с июньскими и июльскими ливнями, хорошо защищают почву от эрозии озимые, яровые и зернобобовые культуры.

Таким образом, почвозащитная роль полевых культур в разные фазы развития растений неодинакова. Это объясняется состоянием надземной фитомассы и корневой системы в эрозионно опасных периодах: в одной фазе растения могут защищать почву от эрозии хуже, в другой — лучше. Чем сильнее развита зеленая масса растений, полнее проективное покрытие, мощнее корневая система, тем надежнее защищена почва от эрозии.

Для определения почвозащитной способности возделываемых культур вычисляют средневзвешенное значение проективного покрытия почвы культурами в эрозионно опасный период (выпадение ливней):

$$P_{\text{ср.взв}} = 100 (P_1S_1 + P_2S_2 + P_3S_3 + \dots + P_nS_n),$$

где $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ — проективное покрытие почвы данной культурой; $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ — площадь, занимаемая данной культурой, % общей площади севооборота (или всей пашни).

По этой формуле можно определить средневзвешенное проективное покрытие почвы культурами по декадам или месяцам вегетационного периода, зная режим выпадения осадков и фазы развития растений.

Геологические условия территории также определяют потенциальную возможность и характер проявления эрозионных процессов. К ним относятся устойчивость пород, особенности их залегания, проявление различных экзогенных и эндогенных процессов. Например, лёссовидные суглинки алтайского Приобья, на которых залегает почвенный покров, очень легко размываются и разрушаются водными потоками. За короткий период здесь могут образоваться большие промоины, овраги, провалы и каньоны, с которыми очень трудно бороться. Поэтому необходимо проводить почвозащитные мероприятия, не допускать разрушения почвенного покрова.

Хозяйственная деятельность человека влияет на состояние почвенного покрова, плодородие почвы и подверженность ее эро-

зии. К хозяйственным факторам, от которых зависят прежде всего появление и степень развития эрозионных процессов, относятся следующие:

общая организация территории (размещение полей и структура посевных площадей, лесных полос, дорожной сети, производственных помещений и других объектов);

применяемые способы основной и предпосевной обработок почвы и технологии возделывания культур (вспашка, безотвальная обработка вдоль или поперек склона, степень уплотнения и распыления почвы, уход за посевами и чистыми парами и т. д.);

применение предупредительных противоэрозионных и почвозащитных мероприятий (почвозащитные севообороты, залужение, минимализация обработки почвы, агролесомелиорация, гидротехнические и другие противоэрозионные сооружения);

проведение мелиоративных работ (строительство мелиоративных систем, плотин, прудов и водоемов, дорожной сети, засыпка оврагов, карьеров).

Человек может улучшить или ухудшить состояние земельной территории хозяйства, его ландшафта. История человечества, деятельность людей и история земледелия взаимосвязаны и взаимобусловлены. Не соблюдая законы природы, бездумно выкорчевывая леса, чтобы получить пахотную землю, земледелец способствовал запустению многих территорий и образованию оврагов.

Например, на Кубе плантаторы, выжигавшие леса на склонах гор, вызвали сильное развитие водной эрозии. В течение одного поколения людей тропические ливни смыли незащищенный верхний слой почвы, оставив лишь обнаженные скалы.

В своей книге «Охрана природных ресурсов» О. Оуэн пишет, что при изучении истории пользования земель в древних цивилизациях Азии, Африки и Средиземноморья Европы обнаружено страшнейшее злоупотребление тем, что первоначально было ценным, животворным ресурсом. В свое время почвы этих областей были основой процветающего сельского хозяйства. Однако постепенно из-за варварского отношения к земле развилась сильная эрозия. Эти гордые империи слабели и рушились, а население их вымирало от голода или мигрировало.

Пустыни мира могут служить хорошей иллюстрацией того, что общество, если оно развивается стихийно, оставляет после себя пустыню. Но известно много примеров, когда при правильном обращении с землей, опираясь на законы природы и земледелия, зная факторы, вызывающие эрозию и пути ее предупреждения, человек охраняет и целенаправленно повышает плодородие почв, продуктивность и устойчивость земледелия, увеличивает производство сельскохозяйственной продукции.

Факторы эрозии и дефляции проявляются не изолированно, а в том или ином сочетании и взаимодействии, т. е. в комплексе. Влияние такого комплекса факторов на развитие ветровой эрозии можно проследить на примере Кулундинской степи, расположенной в Западной Сибири (по Каштанову).

<i>Природные условия</i>	<i>Факторы дефляции</i>
Климат	Часто повторяющиеся (2—3 года из 5 лет) засухи. Ветры большой скорости (более 5 м/с) в период отсутствия растительности. Число дней со скоростью ветра 5 м/с 35—50. Резкая смена положительных дневных температур ночными заморозками
Рельеф	Пологоувалистый или ровный, при котором создаются благоприятные аэродинамические условия для ветра. Наличие ветроударных возвышений и коридоров
Почвенный покров	Легкие каштановые почвы, содержащие мало ветроустойчивых агрегатов. Низкая влагоемкость и вододерживающая способность. Низкая связность. Раздельное частичное состояние (распыленность) пахотного слоя
Растительный покров	Большое количество (70—90 %) открытых обрабатываемых земель. Преобладание в посевах однолетних культур (яровая пшеница, ячмень, овес, кукуруза). Недостаточно посевов многолетних трав (5—8 %). Отсутствие озимых. Отсутствие живого растительного покрова в течение 8—9 мес. Слабое развитие растений, низкое проективное покрытие. Изреженный растительный покров на естественных угодьях. Низкая (1,5—2 %) облесенность территории

Эти факторы в результате действия и взаимодействия обладают огромной разрушительной силой, способной за короткий срок вывести из строя большие площади.

Наиболее разрушительно совместное действие водной и ветровой эрозий, когда после бурного весеннего снеготаяния и стока талых вод, сопровождающихся сильным смывом и размывами, а также обезвоживанием почвы наступает длительный (1—2 мес) засушливый период, во время которого может проявиться сильная дефляция (ветровая эрозия). Схему этого процесса можно представить следующим образом: снеготаяние — сток талых вод — смыл и размыв почвы — иссушение, дренирование почвенного покрова — распыление почвы обработками, ее обезвоживание — дефляция.

В ходе эрозионного процесса в почве происходят большие изменения. На эродированных почвах ухудшаются условия жизни культурных растений, дикой флоры и фауны, возникают проблемы с охраной окружающей среды. Поэтому необходимо знать механизмы развития эрозии.

Механизм развития водной эрозии. Эрозионные процессы развиваются под влиянием воды, ветра и их взаимодействия. Механизм развития водной эрозии подробно изучен и описан (Соболев, 1948; Беннет, 1958; Гудзон, 1974; Каштанов, 1974 и др.; Заславский, 1979). В качестве разрушительной силы здесь выступают капли дождя (ливня) и водный поток.

В современной отечественной и зарубежной практике широко применяют *эрозионный индекс осадков* — показатель, учитывающий кинетическую энергию дождевых осадков за определенный период максимальной интенсивности их выпадения. Этот период часто принимают за 30 мин. В этом случае эрозионный индекс осадков

$$R = I_{30} E/100,$$

где I_{30} — максимальная интенсивность дождя за 30 мин, мм/мин; E — кинетическая энергия дождя.

При оценке эрозионной опасности дождя по среднесуточному годовому эрозионному индексу очень важно знать месячное распределение эрозионных индексов. Иногда при малом годовом эрозионном индексе осадков опасность проявления эрозии выше, чем при большом.

Сток воды по почве может вызвать поверхностную и линейную эрозии. Смыв почвы часто называют *плоскостной эрозией*, однако лучше применять термин «*поверхностная эрозия*», так как склоны земельных угодий не представляют собой идеальную поверхность. При поверхностной эрозии частицы почвы смываются с поверхности, а при линейной — образуются струйчатые размывы почвы разной глубины.

Поверхностная эрозия мало заметна и поэтому очень опасна. Она наблюдается на полях, расположенных на склонах разной крутизны, практически ежегодно. Обычно с 1 га пашни смывается от 5 до 25 т почвы в зависимости от условий. В ряде районов смыв достигает 30—50 т/га. Однако специалисты хозяйств поверхностную эрозию часто не замечают. Между тем за несколько лет пахотный слой в таких хозяйствах может уменьшиться наполовину или более и многие поля будут выведены из использования.

Линейная эрозия сопровождается размывом почвы и образованием оврагов. Иногда глубокие струйчатые размывы (до плужной подошвы) достигают ширины 2—3 м. Размывы и промоины затем превращаются в овраги. Овражная эрозия получила широкое распространение в ЦЧЗ, Поволжье и ряде других мест. В отдельных районах ежегодный прирост оврагов превышает 10 м. Известны случаи прироста оврагов до 300 м в год.

В результате поверхностной и линейной эрозий образуются смытые почвы с укороченным профилем. В зависимости от мощности смытого слоя выделяют слабосмытые, среднесмытые, сильносмытые и очень сильносмытые почвы.

Двум формам выпадения осадков (в виде дождей и снега) соответствуют два типа эрозии: от стока дождевых осадков и от стока талых вод. Они существенно различаются. Эрозия почвы от стока талых вод охватывает, как правило, большие территории. Ливневая эрозия, наоборот, обычно проявляется на ограниченной площади. Эрозионно опасный период от стока талых вод продолжается обычно 5—15 дней, а от ливней — несколько часов. Эрозия от стока талых вод проявляется весной, когда значительные площади не покрыты растительностью, а ливневая эрозия наблюдается летом, в период развития посевов, защищающих почву. Поверхностный сток временных водных потоков может образоваться не только за счет дождевых и талых вод, но и видов орошения, выклинивающихся подземных вод.

Существует классификация водной эрозии. В основу ее положены тип поверхностного стока воды и форма проявления эрозии (рис. 43).

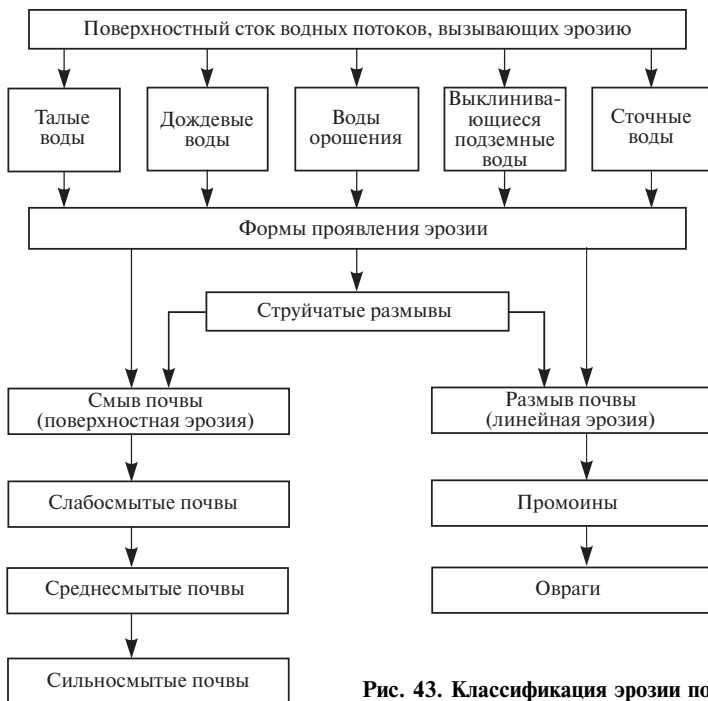


Рис. 43. Классификация эрозии почв

Сток талых вод определяется в основном запасами воды в снежном покрове и интенсивностью снеготаяния. В северных областях Центрально-Черноземной зоны он составляет 80—90 мм, в южных — 40—50, на Приволжской возвышенности — 30—60, в Центральном районе (Московская, Тульская, Рязанская области и др.) — 90—100 мм.

Эродирование почвы ветром. Механизм развития дефляции представляет физический процесс, протекающий при взаимодействии воздушного потока с поверхностью почвы. Закономерности и механизм взаимодействия ветра с почвой изучены и служат теоретической базой для разработки эффективных приемов защиты почв от ветровой эрозии. Наиболее легко по поверхности перемещаются почвенные агрегаты диаметром 0,1—0,5 мм, которые под воздействием ветра приобретают движение с частотой вращения 200—1000 мин⁻¹. Агрегаты размером от 0,6 до 1 мм передвигаются перекатываясь, трутся друг о друга, ударяются, разрушаются, и количество наиболее эрозионно активных комочков (0,1—0,5 мм) увеличивается.

Для передвижения агрегатов почвы крупнее 1 мм необходима скорость ветра свыше 11 м/с на высоте 0—15 см. Скорость воздушного потока, при котором начинают передвигаться почвенные агрегаты, характеризуется следующими параметрами.

<i>Размеры агрегатов, мм</i>	<i>Скорость ветра, м/с</i>
0,25	3,8
0,25—0,5	5,3
0,5—1	6,8
1—2	11,2
2—3	13,1
3—5	17,6

Анализ структурного состава почвы из эоловых (наносных) отложений и в пылеуловителях во время пыльных бурь показал, что в мелкоземе содержалось 92—95 % частиц мельче 1 мм в диаметре и лишь 5—8 % комочков были крупнее 1 мм (табл. 16).

**16. Структурный состав наноса и мелкозема из пылеуловителей, %
(по Бараеву, Госену)**

Образец	Содержание фракций, мм						
	3—2	2—1	1—0,5	0,5—0,25	0,25	>1	<1
Эоловые отложения	0,5	7,6	42,8	30,7	18,4	8,1	91,9
Мелкозем из пылеуловителей	0,5	4,9	13,3	45,5	35,8	5,4	94,6

Частицы почвы менее 1 мм в диаметре эрозионно опасные, крупнее 1 мм — ветроустойчивые, почвозащитные. Устойчивость почвы к ветровой эрозии можно оценить по комковатости поверхности, т. е. по наличию ветроустойчивых агрегатов. При количестве почвозащитных комочков меньше 50 % воздушно-сухой почвы происходит процесс выдувания, поэтому эту степень комковатости считают критической, т. е. эрозионно опасной. Порог устойчивости почвы к ветровой эрозии, если на ее поверхности нет пожнивных остатков, наступает при комковатости 50—55 %, т. е. при соотношении в верхнем слое почвы почвозащитных и эрозионно опасных агрегатов 1 : 1.

Таким образом, ветровая эрозия зависит от степени распыленности верхнего слоя почвы и скорости ветра. Сильное распыление 5-сантиметрового слоя почвы обычно является следствием излишней механической обработки и перетирания почвенных частиц ходовыми системами тракторов, комбайнов и автомобилей во время проведения полевых работ.

Ветровая эрозия может сопровождаться пыльными бурями, которые разрушают и уносят (частично или полностью) пахотный слой почвы на большие расстояния.

Наиболее часто пыльные бури происходят в Западной Сибири, на Северном Кавказе и в Поволжье на легких почвах. Особенно сильными они были в 1892, 1928, 1960, 1965 и 1969 гг.

Ветровая и водная эрозии неодинаково влияют на агрофизические и агрономические свойства почвы. Ветер, как правило, разрушает и уносит (выдувает) верхние (5—10 см) слои почвы. Вода же, с одной стороны, растворяя, а с другой, транспортируя частицы почвы, проникает в более глубокие горизонты и смывает верхние слои, растворяет и уносит (промывая или смывая) питательные вещества.

Рассмотрим схемы изменения водного и пищевого режимов при водной и ветровой эрозиях (рис. 44).

Для почв степных районов, подверженных дефляции, обычно характерен дефицит фосфора, а для почв, подверженных водной эрозии, — азота и других подвижных питательных веществ. Потери гумуса и питательных веществ (азота, фосфора, калия, микроэлементов) со временем накапливаются и зависят от типа почвы и силы проявления эрозионных процессов.

Механизм совместного проявления водной и ветровой эрозий. Наиболее сложной формой эрозионных процессов является *совместная эрозия* — одновременное проявление водной и ветровой эрозий. Совместная эрозия наблюдается чаще всего на угодьях Северного Кавказа, ЦЧЗ, Поволжья, Зауралья, Западной и Восточной Сибири. Механизм ее действия объединяет процессы и энергию водной и ветровой эрозий. Поэтому последствия могут



Рис. 44. Схемы изменения водного режима (а) и содержания питательных веществ (б) при водной и ветровой эрозиях

быть очень негативными (быстрый рост оврагов, сильное выдувание почвы).

Совместная эрозия может проявляться при одновременном сочетании следующих факторов: переувлажнение почвы — сток воды — смыв; размыв — иссушение — распыление — выдувание. В районах с устойчивым и значительным снежным покровом эрозия в весенний и летний периоды чаще всего идет по схеме: снеготаяние — переувлажнение почвы — сток талых вод — смыв и размыв почвы — иссушение — распыление — дефляция. В районах с малоснежными зимами, сухой весной и влажным летом (максимум осадков) процесс обычно развивается в таком порядке: иссушение и распыление почвы — дефляция — ливень — сток — смыв и размыв почвы (водная эрозия).

Действуя совместно, водная и ветровая эрозии усиливают свою разрушительную силу. Так, в наиболее эрозионно активные годы в течение 2—3 мес совместного проявления водной и ветровой эрозий природой оврагов составлял 30—50 м и более с последующим выдуванием пахотного слоя до 3—5 см.

Совместное действие водной и ветровой эрозий ведет к сильному разрушению почвенного покрова: уменьшению мощности гумусового горизонта, снижению содержания в почве гумуса и питательных веществ, ухудшению структуры и связанных с ней агрономически наиболее важных свойств почвы — водопроницаемости, порозности, влагоемкости, водоудерживающей способности, водного и питательного режимов.

По мере развития водной и ветровой эрозий почва теряет свои первоначальные свойства, плодородие снижается, что приводит к падению урожайности и производства продуктов растениеводства. Степень эродированности почвы определяется размерами

сокращения глубины гумусового горизонта, потерь гумуса и питательных веществ. В зависимости от смывтости и выдувания выделяют слабоэродированные, среднеэродированные, сильноэродированные, очень сильноэродированные почвы.

Существует несколько классификаций по степени эродированности почв и по уменьшению содержания в почве гумуса. М. Н. Заславский предложил классификацию, в основе которой лежит уменьшение содержания гумуса в верхнем слое почвы.

<i>Категория смывтости почвы</i>	<i>Уменьшение содержания гумуса в верхнем слое по сравнению с несмытой почвой, %</i>
I. Слабосмытые	10—20
II. Среднесмытые	20—50
III. Сильносмытые	> 50
IV. Очень сильносмытые	> 75

Для дефлированных почв А. Ф. Родомакин предложил выделять следующие категории их эродированности.

I. Слабодефлированные почвы — выдуто до 20 % гумусового горизонта.

II. Среднедефлированные — выдуто 20—40 % гумусового горизонта.

III. Сильнодефлированные — выдуто 40—60 % гумусового горизонта.

IV. Весьма сильнодефлированные — выдуто более 60 % гумусового горизонта.

При определении степени эродированности (дефлированности) за эталон принимают профиль почвы данного типа, не затронутый водной или ветровой эрозией (полнопрофильные почвы).

Ущерб, причиняемый эрозией почв. Эрозия почв, если ее вовремя не предотвратить, — большое экономическое и экологическое бедствие, которое грозит полным выведением ценных земель из оборота и их деградацией. Эрозия наносит большой ущерб сельскому хозяйству.

В разных зонах и при различной интенсивности эрозионных процессов ущерб от эрозии неодинаков, однако можно составить общую схему слагаемых ущерба: снижение потенциального плодородия почвы; ухудшение химических и агрофизических ее свойств, водного режима; снижение биологической и ферментативной активности и в итоге — снижение урожайности и ухудшение качества продукции.

Более 100 лет назад выдающийся русский ученый В. В. Докучаев с тревогой отмечал, что снижение плодородия черноземов, рост оврагов, засухи и голод — прямое следствие неправильного ис-

пользования земель. Он первым предложил научно обоснованный комплекс мер по предотвращению этих явлений.

Сейчас за эрозионными процессами в той или иной степени наблюдают практически во всех основных зонах страны: за водной эрозией — в северных лесостепных, предгорных и горных районах; за совместной — в лесостепных и предгорных; за ветровой (дефляция) — в степных районах.

Если на эрозионно опасных землях не применять почвозащитные меры, суммарная годовая потеря почвы только от смыва может достигнуть, по расчетам М. Н. Заславского, 7 млрд т. Известно, что потери гумусового слоя во время пыльных бурь составляют от 1 до 10 см. Для сравнения следует отметить, что на создание 1 см гумусового слоя в обычных природных условиях требуется 100 лет и более.

По данным В. А. Беляева, в нашей стране в результате смыва с полей и пастбищ ежегодно теряется около 5,4 млн т азота, 1,8 млн т фосфора и 36 млн т калия. По подсчетам академика РАСХН В. Д. Панникова, при утрате 1 мм слоя южного чернозема с 1 га теряется 76 кг азота, 24 кг фосфора, 80 кг калия, а для выращивания 1 т зерна требуется в среднем 66 кг азота, 20 кг фосфора и 26 кг калия.

Если принять, что в пахотном слое содержится в среднем 0,2 % азота, 0,2 % фосфора и 2 % калия, то при годовом смыве почвы, равном 4 млрд т, суммарная потеря этих элементов составит около 100 млн т.

По данным американских исследователей, в результате эрозии почва теряет в 20 раз больше элементов питания растений, чем их выносятся с урожаем.

В ряде зон современные темпы смыва пахотных почв опережают почвообразование. По данным Ф. К. Шакирова, в год формируется 0,6 т/га почвы, а смыв составляет 3—7 т/га, превышая почвообразование в 5—15 раз. В отдельные годы интенсивность годового смыва почвы может достигать 50 т/га. Потери почвы в садах и виноградниках могут составлять 30 т/га и более, а в чистых парах — 60—150 т/га и более.

В условиях проявления эрозионных процессов в значительной степени изменяются агрономические свойства почв. С увеличением эродированности возрастает плотность почвы; она меньше удерживает влаги, уплотняется, ухудшается ее тепловой режим. Потеря глинистых и илистых частиц приводит к обеднению почвы коллоидами, играющими решающую роль в структурообразовании. Чем сильнее смыта почва, тем меньше в ней водопрочных агрегатов.

В результате эрозии происходят наибольшие потери гумуса, содержание и запасы которого с увеличением смывости почв значительно сокращаются (табл. 17).

**17. Запасы гумуса в слое почвы 0—50 см разной степени смытости, т/га
(по Соболеву)**

Название почвы	Почва по степени смытости			
	несмытая	слабосмытая	средне-смытая	сильно-смытая
Темно-серая лесная	153,7	134,9	88,8	65,4
Чернозем обыкновенный	249,0	225,0	117,0	83,0
Чернозем южный	246,6	196,9	168,3	123,3
Каштановая	220,0	178,0	125,0	55,0
Бурая лесная	144,0	117,0	—	69,0

По данным Почвенного института им. В. В. Докучаева, запасы гумуса лучших в мире русских черноземов за 70 лет после распашки уменьшились почти на 250 т/га, водоудерживающая способность их сократилась на 500—600 т/га, а потенциальная урожайность — на 0,5—0,6 т/га сухого зерна в год. В Московской области в АО «Каширский» на поле картофеля без противоэрозионной обработки при интенсивной эрозии смыв почвы за сезон составил 196 м³/га. При этом потери гумуса с 1 га составили 8,7 т, азота — 44,3 кг, фосфора — 41,7 кг и калия — 65,2 кг.

Эрозия почвы приводит к изменению качественного состава гумуса, в котором отношение гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК) сдвигается в сторону последних.

Уменьшение запасов гумуса, доступных питательных веществ, ухудшение физических свойств большинства эродированных почв обуславливают пониженную их биологическую активность. При изучении биологической активности эродированных черноземов получены следующие результаты (табл. 18).

18. Микробиологическая активность эродированных черноземов

Почва по степени смытости	Количество бактерий, млн/г почвы	Количество выделившегося СО ₂ , мг/100 г почвы
Несмытая	5,85	46,25
Слабосмытая	4,77	38,40
Среднесмытая	2,07	17,93
Сильносмытая	1,42	11,47

На эродированных склоновых землях значительно изменяется фитосанитарный потенциал. На них развивается характерный агрофитоценоз, значительно отличающийся от равнинных земель. На смытых почвах увеличивается засоренность, повышается зараженность корневыми гнилями.

Из-за ухудшения физических свойств эродированных почв (уменьшения количества структурных агрегатов, связности, водопоглотительной и водоудерживающей способности) снижается их способность усваивать талые и дождевые воды. В связи с этим ко-

эффицент стока в них нередко возрастает до 0,8—0,9. Значительная часть осадков стекает со склонов. Кроме того, на эродированных почвах с плохими физическими свойствами увеличиваются потери влаги на испарение.

Подсчитано, что с годовым склоновым стоком уходит до 80 млрд м³ воды, что порождает почвенную засуху. На фоне «эрозионной засухи» часто проявляется дефляция, или ветровая эрозия почвы.

В результате ухудшения агрономических свойств эродированных почв, больших потерь гумуса, питательных веществ и воды от эрозии урожайность сельскохозяйственных культур снижается на слабосмытых почвах на 10—30 %, на среднесмытых — на 30—50, на сильносмытых — на 50—70 %.

Снижение урожайности зависит от степени смытости, генетического типа почв, погодных условий, состава возделываемых культур, агротехники и многих других факторов.

Различные культуры проявляют неодинаковую чувствительность к смытости почв (табл. 19).

19. Урожайность сельскохозяйственных культур на почвах разной степени эродированности, % несмытой почвы (по Заславскому)

Культура	Слабосмытые почвы	Среднесмытые почвы	Сильносмытые почвы
Озимая пшеница	85—90	50—60	30—35
Озимая рожь	85—90	55—60	35—40
Яровая пшеница	70—80	40—50	15—20
Ячмень	80—85	45—55	30—40
Овес	80—85	55—60	30—45
Кукуруза	80—85	60—70	50—60
Горох, вика	85—95	60—70	50—60
Сахарная свекла, картофель	80—90	30—40	10—15
Подсолнечник	70—80	40—50	20—30
Вико-овсяная смесь	85—90	65—70	35—45
Суданская трава	80—90	55—60	30—40
Многолетние травы	90—95	85—90	60—75

С эродированных сельскохозяйственных угодий ежегодно в целом по стране недополучают $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ валового сбора продукции растениеводства.

Однако ущерб, наносимый водной и ветровой эрозиями, не ограничивается этими потерями. В результате поверхностного смыва и размыва почвы ухудшаются микро- и нанорельеф, водный режим на пахотных землях, заиливаются многие реки и озера, снижается продуктивность естественных кормовых угодий и т. д.

Из-за эрозионных процессов снижаются устойчивость и продуктивность земледелия, рентабельность всего сельскохозяйственного производства.

2.6.2. КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ И ДЕФЛЯЦИИ

Разработка и освоение почвозащитного комплекса. Совместный комплексный подход к защите земель от эрозии особенно необходим в условиях развивающейся интенсификации (химизация, мелиорация, комплексная механизация, современные технологии) сельского хозяйства и возрастающих нагрузок на почву. Почвозащитный комплекс должен органически входить в ландшафтную систему ведения хозяйства. При этом чем интенсивнее использование земли в хозяйстве, тем на более высоком уровне должна проводиться комплексная защита почв от эрозии.

В регионах активного проявления ветровой и водной эрозий почвозащитные мероприятия — обязательная составная часть каждого звена системы земледелия (агролесомелиорация, севообороты, система обработки почвы, удобрения и др.).

Учитывая то, что практически все почвы при определенных условиях могут подвергаться ветровой и водной эрозиям или их совместному действию, системы земледелия во всех районах страны должны быть почвозащитными. Если принять во внимание, что водная, ветровая, а также совместная эрозии начинаются с нарушения водного режима почвы, то все системы земледелия должны быть почвоохраняемыми. Это требование правомерно и для регионов достаточного увлажнения, так как здесь тоже остро стоит проблема влагорегулирования, управления водным режимом почв и влагообеспеченности посевов.

Противозащитный комплекс включает систему взаимосвязанных и дополняющих друг друга организационных, агротехнических, лесомелиоративных, водохозяйственных и гидромелиоративных мероприятий. Для каждой почвенно-климатической зоны с учетом местных условий, прежде всего типа и степени проявления эрозии, разрабатывают свои почвозащитные мероприятия. Система ведения хозяйства и почвозащитный комплекс должны максимально учитывать:

общее состояние и подверженность эрозии земельной территории (ландшафта) хозяйства, района, области, края, республики;

характер почвенного покрова и потенциальную опасность подверженности его эрозии;

особенности рельефа местности (равнинный, слабо-, средне-, сильнопересеченный и т. д.);

растительный покров (облесенность, наличие естественных сенокосов и пастбищ, задерненность, структура посевных площадей на пахотных землях);

особенности климата (осадки, температурный, ветровой режимы и др.);

хозяйственную деятельность человека (специализацию, систему земледелия, способы обработки почвы, применение удобрений, техники и т. д.);

экономические, социальные и экологические последствия.

При разработке комплекса мер по борьбе с эрозией почв следует руководствоваться Указаниями по проектированию противоэрозионных мероприятий. В них изложены основные принципы проектирования противоэрозионных мероприятий:

взаимосвязанность почвозащитных мер на всей территории проявления эрозии (водосборный бассейн, административный или географический район). В зонах проявления *водной эрозии* почвозащитные мероприятия проектируют и проводят в границах водосборных бассейнов в следующей последовательности: от водораздела до подножия склона, от водораздельной линии овражно-балочной системы до ее устья. В зонах проявления *ветровой эрозии* комплекс противоэрозионных мероприятий должен охватывать весь эрозионный район (группу взаимосвязанных хозяйств или административных районов). В зонах *совместного проявления водной эрозии и дефляции* должны выполняться оба предыдущих требования;

зональность противоэрозионных мероприятий, обеспечивающая наиболее полный учет местных природно-экономических условий деятельности хозяйства. При этом необходимо исходить из передового опыта и рекомендаций зональных научно-исследовательских учреждений по борьбе с эрозией почв. Вопрос о целесообразности применения того или иного противоэрозионного приема в каждом конкретном случае должен решаться на основе всестороннего учета экологических условий: климата, рельефа, особенностей почвенного покрова и экономических возможностей хозяйства;

комплексность почвозащитных мероприятий, предусматривающая, как отмечалось, одновременное применение в необходимых соотношениях взаимосвязанных мер (организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных, гидротехнических) по предупреждению и ликвидации эрозионных процессов;

экономичность почвозащитных мер, обеспечивающая получение наибольшей эффективности от применения того или иного приема при минимальном отводе ценных земель, наименьших затратах труда и средств на их осуществление.

Порядок проектирования противоэрозионных мероприятий включает:

составление генеральных схем комплекса противоэрозионных мероприятий для области, края, республики;

составление схем противоэрозионных мероприятий по почвенно-эрозионным зонам и районам, включающим взаимосвязанные хозяйства и административные районы;

разработку противоэрозионных комплексов на хозяйство;
разработку проектно-сметной документации на строительство гидротехнических, водохозяйственных сооружений и создание защитных насаждений.

При разработке схемы комплекса противоэрозионных мероприятий для области, края, республики проводят почвенно-эрозионное районирование, выделяют зоны и районы, сходные по характеру (типу) проявления эрозионных процессов и комплексу намеченных почвозащитных приемов; определяют виды, объемы, сроки выполнения и стоимость работ по защите почв от эрозии.

На основе схемы разрабатывают перспективные и ежегодные планы проведения комплекса противоэрозионных мероприятий. Каждое хозяйство должно иметь собственные проект и перспективный план проведения почвозащитных мероприятий и мероприятий по повышению плодородия эродированных земель. В планах на каждый год намечают объемы и сроки проведения противоэрозионных работ. Агротехнические мероприятия переносят в технологические карты, которые составляют и рассматривают перед началом весенне-полевых работ.

Подробное ознакомление механизаторов с планами и технологией проведения противоэрозионных работ способствует более успешному их выполнению. Руководители, агрономы, управляющие отделений, бригады должны контролировать проведение всех противоэрозионных мероприятий.

Перед составлением проекта комплекса мероприятий по защите почв от эрозии проводят большую подготовительную работу: подбирают и тщательно изучают материалы внутрихозяйственного землеустройства, почвенные и агрономические карты, карты рельефа, крутизны склонов, данные о количестве и характере выпадающих осадков, размерах стока талых вод, развитии ветровой и водной эрозий. При анализе материалов важно установить соответствие структуры посевных площадей, севооборотов, агротехнических и других приемов земледелия местным почвенно-климатическим условиям и их противоэрозионную эффективность.

Для более глубокого изучения эрозионных процессов специалисты хозяйств проводят полевое комплексное обследование всей территории. По результатам этого обследования земли классифицируют по опасности развития эрозионных процессов, степени пригодности их для сельскохозяйственного использования.

Согласно Указаниям по проектированию противоэрозионных мероприятий все земли делят на три класса и девять категорий.

Класс А — земли, пригодные для интенсивного использования в земледелии. Сюда входят четыре категории пахотных земель.

1. *Неподверженные ветровой и водной эрозиям.* На них не проводят специальные противоэрозионные мероприятия. Здесь приме-

няют севообороты, системы удобрения и защиты растений, рекомендованные зональными научно-исследовательскими учреждениями.

II. *Подверженные слабой эрозии*. В эту категорию входят несмытые и слабосмытые почвы с уклоном 1—3°. Такие земли используют в полевых севооборотах. Для предотвращения ветровой и водной эрозий, регулирования поверхностного стока талых и ливневых вод применяют основную обработку и посев поперек направления эрозионно опасных ветров и склонов.

III. *Подверженные эрозии в средней степени* (слабо-, среднедефлированные и смытые почвы). Они расположены на склонах 3—5°, слабо расчленены ложбинами и промоинами. Эрозия вызывается водой, стекающей с земель, расположенных выше по склону. Эти земли используют в полевых и почвозащитных севооборотах; на них необходимо применять противозерозионные технологии и лесомелиоративные мероприятия.

IV. *Подверженные сильной эрозии* (среднедефлированные и смытые почвы). К ним относятся земли на склонах 5—7°. Поверхность склонов расчленена промоинами и ложбинами. На таких землях необходима специальная организация территории: почвозащитные севообороты, полосное размещение культур, буферные полосы и другие приемы. Можно применять гидротехнические мероприятия.

Класс Б — земли, пригодные для ограниченной обработки.

V. *Подверженные очень сильной ветровой и водной эрозиям* (средне-, сильносмытые и дефлированные почвы). Они примыкают к овражно-балочной сети с уклоном 7—9°, непригодны для систематического возделывания полевых культур. К этой категории земель относятся пастбища и сенокосы, а также сильноэродированная пашня. Их нужно включать в почвозащитные севообороты, вплоть до сплошного залужения.

Класс В — земли, непригодные для обработки.

VI. *Берега и дно балок, сильнодефлированные площади*. Используют под сенокосы и пастбища с ограниченным и нормированным выпасом скота.

VII. *Крутые склоны балок, пригодные для пастбищ при условии строгого нормирования выпаса и поверхностного улучшения*.

VIII. *Участки, непригодные для земледелия*. Используют для лесоразведения.

IX. *Участки, непригодные для земледелия, сенокосения, выпаса скота и лесоразведения*. Подлежат рекультивации.

В соответствии с классификацией эродированных земель в каждом конкретном хозяйстве устанавливают состав и соотношение угодий, намечают их рациональное размещение и использование на ближайшее время.

Организационная основа, объединяющая и взаимоувязывающая все элементы почвозащитного комплекса в единое целое, рациональная противоэрозионная организация территорий зон, подзон, районов и хозяйств предполагают проведение следующих мероприятий:

установление оптимального соотношения сельскохозяйственных угодий, рациональное использование и защиту от эрозии прежде всего самой ценной части сельскохозяйственных угодий — пахотных земель с помощью введения полевых (обычных и почвозащитных) севооборотов, применение соответствующих местным почвенно-климатическим условиям способов обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур, удобрений, агромелиорации и других приемов, способствующих сохранению и повышению плодородия почвы;

повышение продуктивности, рациональное использование и охрану от эрозии естественных кормовых угодий путем внедрения пастбищесенокосооборотов, посева многолетних трав с целью залужения, создания культурных пастбищ и сенокосов, применения удобрений, орошения и осушения (там, где это необходимо);

организацию лесного хозяйства как с помощью посадки полезащитных, овражно-балочных и других лесонасаждений, так и охраны естественных лесов и колков, имеющих почво- и водоохранное значение;

в связи с дефицитом воды и частыми засухами в степных и лесостепных районах страны особое значение приобретают рациональная организация местного водного хозяйства, охрана водных источников, строительство прудов и водоемов, регулярное и лиманное орошение.

В зонах проявления эрозии в системе земледелия нужно предусматривать выполнение следующих главных противоэрозионных мероприятий:

при *ветровой эрозии* — создание ветроустойчивой поверхности и накопление влаги в почве, уменьшение скорости ветра в приземном слое воздуха и сокращение пылесборных площадей;

при *водной эрозии* — регулирование стока талых и ливневых вод, создание водоустойчивой поверхности и предотвращение смыва почвы;

в зонах *совместного проявления эрозии и дефляции* — сочетание указанных мероприятий.

Противоэрозионные агролесомелиоративные мероприятия. В предотвращении водной и ветровой эрозий почв существенное значение имеют лесомелиоративные мероприятия. Лесные насаждения в районах проявления эрозии в зависимости от назначения подразделяют на водорегулирующие, прибалочные, приовражные, полезащитные и пастбищезащитные. Кроме того, создают водоох-

ранные (у рек, прудов и водоемов), куртинно-групповые насаждения, а при необходимости проводят сплошное облесение песков, склонов, балок и оврагов.

Главное назначение лесных полос в открытых степных и лесостепных районах с активной ветровой деятельностью и дефляцией почв заключается в снижении скорости и турбулентности эрозийного ветрового потока. Ослабляя ветер, они защищают почву от выдувания летом и зимой, задерживают снег на полях, повышают влажность почвы и воздуха, улучшают микроклимат.

В системе лесных полос снега на полях бывает в 1,5—2 раза больше, влажность воздуха в приземном слое на 5—10 % выше, а испаряемость на 20—30 % меньше, чем в открытой степи. Все это создает лучшие условия для развития растений и формирования урожая.

Противоэрозионная и мелиоративная эффективность лесных полос зависит прежде всего от их конструкции. Для степных районов рекомендуют ажурные и продуваемые узкорядные (3—5 рядов) полосы, которые способствуют ослаблению ветрового потока и дефляции, более равномерному распределению снега на полях и увлажнению почвы.

В районах развития водной эрозии (на склоновых землях) при проведении лесомелиоративных мероприятий очень важно учитывать особенности рельефа местности, так как ошибки в размещении лесных полос могут привести к усилению стока, увеличению смыва и размыва почвы, оврагообразованию.

Водорегулирующие лесные полосы создают на сравнительно крутых (более 2—3°) склонах. Их назначение — распыление и поглощение поверхностного стока талых и ливневых вод. Располагают водорегулирующие (4—7-рядные) полосы поперек склона или по горизонталям с расстоянием между ними от 200 до 350 м в зависимости от крутизны склона и подверженности почвы эрозии.

Прибалочные лесные полосы предназначены для защиты прилегающей пашни от разрушения эрозией и для лучшего снегораспределения и увлажнения полей. Обычно их проектируют ажурной конструкции шириной 12—21 м.

Приовражные лесные полосы создают для закрепления растущих вершин оврагов. Они должны охватывать не отдельные вершины, а целую систему оврагов и их вершин. Сначала следует провести закрепление вершин оврагов обвалованием.

Пастбищезащитные лесные полосы на склонах проектируют также с учетом рельефа, поврежденности почв эрозией, направления стока, господствующих ветров. Конструкция таких полос ажурная и ажурно-продуваемая, ширина их 9—18 м, расстояние между основными полосами 200—350 м.

Куртинно-групповое и сплошное облесение осуществляют при большой изрезанности территории оврагами и на песках.

Из гидротехнических противоэрозионных сооружений в первую очередь используют следующие:

земляные водозадерживающие, водорегулирующие валы и канавы для задержания или отвода воды в укрепленные водоприемники (пруды, водоемы), ложбины и др.;

вершинные (головные) сооружения в виде бетонных, кирпичных, деревянных и других лотков, быстроток, перепадов, консолей и т. д.;

донные сооружения по руслам ложбин и оврагов для предотвращения дальнейшего размыва русла;

берегоукрепительные и противоселевые сооружения;

пруды и водоемы.

Комплексное применение организационных, агротехнических, агрохимических, лесомелиоративных и гидротехнических противоэрозионных мероприятий максимально эффективно. Оно обеспечивает сохранение и повышение плодородия почв, рост урожайности, увеличение производства зерна, технических, кормовых и других культур и в итоге — рост продуктивности, устойчивости и рентабельности земледелия, а также всего сельскохозяйственного производства.

Система почвозащитных севооборотов. Соотношение в севооборотах площадей пропашных культур сплошного посева и многолетних трав в зависимости от крутизны склона устанавливают с учетом их почвозащитной роли (рис. 45).

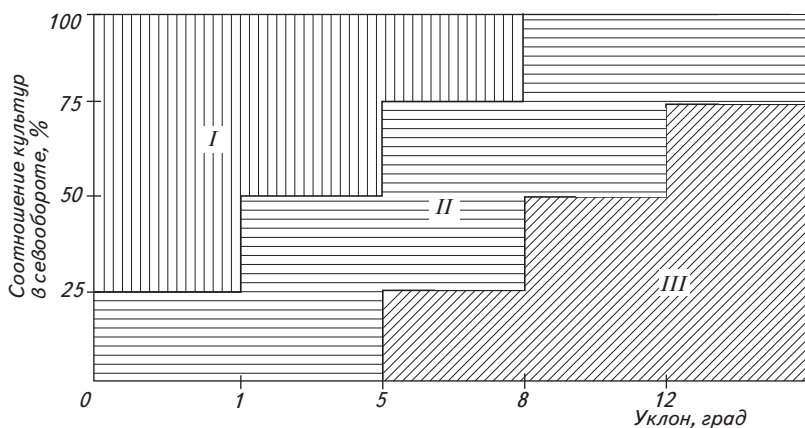


Рис. 45. Соотношение культур в севообороте на склоновых землях:

I — пропашные культуры; *II* — однолетние сплошного посева; *III* — многолетние травы

Основные принципы проектирования, введения и освоения *почвозащитных севооборотов* должны включать:

детальный учет агрономических особенностей эродированных склоновых и дефлированных земель;

подбор культур, обеспечивающих наибольший почвозащитный и экономический эффект;

нарезку полей и рабочих участков, позволяющих успешно использовать машинно-тракторные агрегаты при возделывании культур;

выполнение программы по производству растениеводческой продукции при наименьшей ее себестоимости.

На основании проведенных научных исследований рекомендованы для разных зон специальные почвозащитные севообороты.

Важный прием повышения почвозащитной роли севооборотов — *полосное размещение культур* на эродированных землях. Полосное размещение посевов представляет собой чередование полос культур различной почвозащитной способности (многолетние травы, культуры сплошного посева, пропашные и т. д.). Это позволяет резко сократить эрозионные процессы, исключить обработку почвы вдоль склона и создать условия для более эффективного использования почвенного плодородия.

При полосном размещении культур существенное значение имеет ширина полос, занимаемых культурой. Чем шире обрабатываемая полоса, тем меньше ее противоэрозионный эффект. Однако на узких полосах трудно создать условия для производительной работы сельскохозяйственных машин и агрегатов.

На полях, подверженных водной эрозии, ширину полос устанавливают в зависимости от крутизны склона и возможного чередования культур (табл. 20).

20. Изменение ширины полос в зависимости от крутизны склонов (по Заславскому и Каштанову)

Крутизна склона, град	Рекомендуемая ширина полос, м	
	чередование многолетних трав с однолетними культурами	чередование однолетних культур с пропашными
1—3	100—80	80—60
3—5	80—60	60—40
5—8	60—40	40—20
8—10	40—20	20—10
10—12	20—10	20—10

Полосное размещение культур и чистых паров эффективно и на землях, подверженных ветровой эрозии. На легких почвах рекомендуют следующее чередование зерновых культур и чистого пара с многолетними травами при равновеликой ширине полос

50—100 м: 1 — пар чистый; 2, 3 — пшеница; 4—8 — многолетние травы 1—5-го года пользования; 9 — пшеница; 10 — пшеница или фуражные. Полосы располагают под прямым углом к господствующему направлению эрозионно опасных ветров.

Чтобы определить ширину полос, нужно знать: гранулометрический состав почвы, комковатость (содержание фракций крупнее 1 мм) верхнего слоя в наиболее эрозионно опасный период, среднюю высоту стерни или травы, среднюю скорость ветра во время пыльных бурь на высоте флюгера, ориентацию размещения полос по направлению господствующего ветра.

Полосное размещение культур не требует особых капитальных затрат, и его можно применять практически в любом хозяйстве.

Наряду с полосным размещением культур для борьбы с эрозией почв на парах и пропашных культурах применяют посевы буферных полос. *Буферные полосы* — это посевы различных культур, которые зимой служат для задержания и накопления снега, а весной — для уменьшения стока и развития водной и ветровой эрозий. Для буферных полос используют многолетние и однолетние травы, посевы озимых и яровых зерновых, подсолнечника, суданской травы и других культур. Ширина буферных полос и расстояние между ними зависят от крутизны склона, эрозионных процессов и других факторов, влияющих на развитие эрозии. На склонах 6—8° буферные полосы создают шириной 4—6 м, расстояние между ними 30—40 м; на склонах меньшей крутизны расстояние увеличивают до 50—100 м, а с увеличением крутизны, наоборот, уменьшают до 10—30 м. Для предотвращения ветровой эрозии ширину буферных полос устанавливают в зависимости от степени дефлированности почвы и скорости господствующих ветров.

Система почвозащитной обработки почвы. В противоэрозионном комплексе особое место отводят агротехническим приемам, которые ежегодно проводят на всех сельскохозяйственных угодьях. Главное противоэрозионное требование — создание такой поверхности поля, которая будет устойчива к ветровой и водной эрозиям, обеспечит лучшие условия для развития культурных растений и формирования урожая. Эту задачу можно решить с помощью агротехники.

Система обработки почвы должна на каждом поле и участке в течение всего года предупреждать проявление эрозионных процессов в любой форме. В итоге все виды обработок на эрозионно опасных землях должны обеспечивать получение высоких и устойчивых урожаев возделываемых сельскохозяйственных культур.

Приемы почвозащитной обработки почвы можно условно разделить на две группы: общие и специальные (дополнительные).

К важнейшим *общим* *противоэрозионным* приемам основной обработки почв относят:

вспашку поперек склона;

вспашку ступенчатую с использованием плугов, у которых четкие корпуса устанавливают на 10—12 см глубже;

вспашку с одновременным формированием на поле противоэрозионного нанорельефа: борозд, валиков, прерывистых борозд, лунок; вспашку с почвоуглубителем или плугом с вырезными корпусами; безотвальную вспашку;

плоскорезную обработку, глубокое рыхление с сохранением стерни;

комбинированную (отвально-безотвальную) вспашку;

полосное рыхление почвы;

шелевание посевов озимых, многолетних трав, естественных сенокосов и пастбищ;

минимальную обработку почвы;

глубокое рыхление, чизелевание, шелевание, кротование, бороздование, лункование и др. — в многолетних насаждениях.

Этот перечень не исчерпывает всех противоэрозионных агротехнических приемов, которые применяют с учетом почвенно-климатических условий каждой зоны страны.

На полях с глубокой зяблевой вспашкой происходит увеличение запасов влаги на 20—30 мм из-за уменьшения поверхностного и внутрипочвенного стоков. Кроме того, при глубокой вспашке сокращается смыв почвы и повышается урожайность сельскохозяйственных культур в среднем на 10—15 %, особенно в засушливые годы и в зонах недостаточного увлажнения.

К эффективным приемам противоэрозионной обработки почвы относится чередование безотвального рыхления на 30—32 см со вспашкой на 20—22 см с обвалованием зяби.

Накоплен большой фактический материал по эффективности безотвальной и плоскорезной обработок почв в борьбе с водной эрозией в различных зонах страны. Лучшие результаты получены на легких почвах. Применение безотвальных орудий на склонах позволяет резко сократить сток талых вод и смыв почвы. Урожайность зерновых культур при этом повышается на 0,2—0,4 т/га. На тяжелых почвах эффективны глубокое рыхление (чизелевание) и вспашка поперек склонов.

Для предотвращения водной эрозии применяют *контурную обработку почвы*. Особенность такой обработки состоит в ее направлении, близком к ходу горизонталей при поперечном движении агрегатов. Обработка почвы по контурам — важная составная часть контурной организации территории.

Научно-исследовательским институтом сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева и Воронеж-

ским ГАУ предложена *контурно-буферная система* с полосным чередованием культур и буферных полос из многолетних трав в почвозащитных севооборотах, позволяющая свести к минимуму проявления водной эрозии почв.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте виноградарства и виноделия им. Я. И. Потапенко разработан комплекс противоэрозионных мероприятий на *контурно-полосной* основе.

На эродированных склонах с выраженным микрорельефом кроме основных применяют *специальные* (дополнительные) *приемы* противоэрозионной обработки почвы: бороздование, лункование, кротование, обвалование, шелевание и др.

На односторонних и выровненных склонах без ложбин можно применять обвалование и бороздование зяби. *Обвалование* проводят одновременно со вспашкой с помощью удлиненного отвала, установленного на одном из корпусов плуга. Одновременно со вспашкой зяби можно осуществлять и прерывистое *бороздование*. Для образования на поверхности поля земляных перемычек в борозде (прерывистое бороздование) применяют плуги с закрепленными на них трехлопастными перемычкоделателями. Для прерывистого бороздования используют приспособления ПРНТ-70000, ПРНТ-90000. Для борьбы с водной эрозией на склонах до $3,5-4,0^\circ$ в Ростовской области хорошо зарекомендовало себя бороздование зяби с помощью бороздопрерывателя ППБ-0,6.

Осенью на яблечных и паровых полях применяют *лункование*. Для этого используют шестисекционные дисковые лункообразователи ЛОД-10, а также специальные приспособления, с помощью которых на поле образуется около 13 тыс. лунок с общей вместимостью воды $250-300 \text{ м}^3/\text{га}$. В некоторых случаях, особенно при периодических оттепелях и заморозках, устойчивый снежный покров не формируется, на дне лунок образуются ледяные линзы, что затрудняет впитывание талых вод. В результате сток не уменьшается, а нередко возрастает. В связи с этим практический интерес представляет противоэрозионный агрегат, который за один проход образует валики, лунки и щели. Впитывающая способность таких лунок увеличивается, потому что они расположены непосредственно над щелями.

Для уменьшения внутрипочвенного стока применяют ступенчатую разноглубинную вспашку. Ее проводят поперек склона плугом, в котором четные корпуса обрабатывают почву на обычную глубину, а нечетные (если позволяет гумусовый горизонт) на 12—15 см глубже. В результате такой обработки плужная подошва получается ступенчатой и внутрипочвенный сток уменьшается.

На склонах повышенной крутизны, где эффективность бороздования и лункования значительно снижается, рекомендуют ще-

левание, чизелевание и кротование. *Щелевание* как специальный прием можно проводить на посевах озимых культур, на полях многолетних трав, чистых паров, естественных сенокосах, пастбищах и в садах, а также на зяби, особенно ранней. Этот способ борьбы с эрозией заключается в поделке специальными орудиями щелей, глубина которых 40—60 см, ширина — 3—5, а расстояние между ними — 100—400 см. Щели нарезают обычно в позднесенний период, а также с наступлением морозов, что позволяет избежать испарения воды, обеспечить сохранность щелей до весны и хорошее поглощение талых вод.

Для борьбы с водной эрозией также применяют *кротование*. На глубине 35—40 см специальным приспособлением делают полоски-кротовины диаметром 6—8 см на расстоянии 0,7—1,4 м, что положительно влияет на свойства почвы: улучшает ее водопроницаемость, распределение влаги по профилю. При избыточном увлажнении кротование избавляет от лишней влаги.

Существенное значение в борьбе с эрозией имеют приемы предпосевной, послепосевной обработок и посева на склонах. На склоновых землях необходимо сеять поперек уклона местности, под некоторым углом или по горизонталям. При таком посеве уменьшается скорость водного потока, увеличиваются продолжительность контакта воды с почвой и поступление в нее влаги. В результате уменьшаются объемы стока воды и смыва почвы.

При разработке научно обоснованных мероприятий по борьбе с водной эрозией необходимо в каждом хозяйстве иметь картограммы уклонов сельскохозяйственных угодий. На них отмечают направление и крутизну склонов каждого поля, показывают направление стока.

Система обработки почвы в районах проявления дефляции иная, чем в районах действия водной эрозии. Здесь главный лимитирующий фактор урожайности — влага, поэтому вся система основной и последующих обработок почвы должна быть направлена на максимальное ее накопление, хорошее сохранение и рациональное использование. С этой задачей довольно успешно справляются, используя безотвальную (плоскорезную, чизельную, щелевание и др.) обработку почвы.

Теоретическими и практическими предпосылками разработки почвозащитного бесплужного земледелия являются:

использование почвозащитных технологий, основанных на бесплужной обработке почвы;

использование защитной роли растительности и ее пожнивных остатков;

использование стерни и пожнивных остатков для снегозадержания;

минимизация обработки почвы;

разработка мер борьбы с вредными организмами;
разработка системы мощных орудий для обработки и посева без оборота пласта.

Приемы почвозащитного безотвального земледелия позволяют успешно защищать почву от ветровой эрозии круглый год, повышать запасы доступной растениям влаги в метровом слое почвы на 20—40 мм, увеличивать урожайность зерновых на 0,2—0,6 т/га.

В зернопаровых севооборотах с короткой ротацией (1 — чистый пар; 2—4 — зерновые) безотвальную (плоскорезную) обработку почвы можно применять на всех полях. Иногда в зернотравяных и зернопропашных севооборотах почву после многолетних трав (как правило, после 2—3-летнего использования) пашут обычными плугами на глубину 23—25 см для лучшей разделки пласта. При наличии слабой (житняковой, эспарцетовой) дернины для лучшего сохранения влаги и предотвращения дефляции поле можно сначала продисковать, а затем провести плоскорезную или другую безотвальную обработку (чизелевание, глубокое рыхление КПП-250).

Вспашка пласта многолетних трав во всех случаях должна проводиться полосами. Ширина обрабатываемых и посевных полос (50—100—150 м) зависит от силы господствующих ветров, крутизны склона и гранулометрического состава почвы.

В более увлажненных (350—450 мм) лесостепных районах с черноземными почвами под пропашные культуры в зависимости от состояния почвы (ее гранулометрического состава, плотности), использования органических удобрений, засоренности поля можно применять обычную вспашку на глубину 23—25 см.

В районах ветровой эрозии преобладает безотвальная обработка почвы, однако при необходимости (заделка органических удобрений, вспашка пласта многолетних трав, мелиоративные обработки орошаемых, засоленных почв) можно использовать вспашку и другие способы обработки (ярусную, послонную, плантажную, чизельную и др.).

Применение удобрений на эродированных почвах. К числу наиболее важных агрохимических приемов защиты почв от эрозии и повышения их плодородия относятся применение органических, минеральных (азотных, фосфорных, калийных) удобрений, а также микро- и бактериальных удобрений, известкование кислых смытых почв, а также выращивание сидератов.

Удобрения способствуют ускоренному и более дружному появлению всходов высеваемых культур, улучшают развитие надземной вегетативной массы растений. Густота посевов на удобренных эродированных полях, как правило, выше, чем на неудобренных. Под влиянием удобрений лучше развивается корневая система растений, связывающая почву. Хорошо развитые надзем-

ная масса и корни — надежное средство защиты почвы от выдувания и смыва. Корневые и пожнивные остатки после уборки урожая пополняют запасы органического вещества в почве и восстанавливают ее потенциальное плодородие.

Все эродированные почвы нуждаются в первую очередь в органических удобрениях. Они повышают (восстанавливают) плодородие, связность, ветро- и водостойчивость, общую влагоемкость и водоудерживающую способность.

Так, на эродированных почвах Республики Башкортостан урожайность озимой пшеницы при внесении 20 т/га навоза повышалась на 0,4 т/га, 40 т/га — на 0,5—0,6 т/га. Совместное внесение навоза и суперфосфата позволило увеличить урожайность на 1,1 т/га при урожайности на контроле 1,3 т/га. В НИИ Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева внесение 10 т/га навоза и 60 кг/га азотных удобрений повысило урожайность ячменя на эродированных почвах на 48 %. В Республике Татарстан при использовании торфонавозного компоста и минеральных удобрений урожайность зеленой массы кукурузы увеличилась с 8,2 до 17,3 т/га.

Эродированные почвы бедны микроэлементами, поэтому на них эффективно использование цинка, молибдена, бора, брома, кобальта и др.

Большое значение в повышении плодородия эродированных почв и защиты их от эрозии имеет возделывание культур на зеленое удобрение (сидерация). Для этих целей в разных зонах нашей страны используют различные культуры: однолетний и многолетний люпин, люцерну, клевер, кормовые бобы, горчицу белую, сурепицу, рапс, вику, сераделлу и др.

Возделывание сидеральных культур на склоновых землях в виде промежуточных, поукосных, пожнивных или парозанимающих посевов имеет большое противоэрозионное значение. При запашке зеленой массы на удобрение повышаются водопроницаемость и влагоемкость, усиливаются процессы микробиологической деятельности, улучшаются агрофизические свойства — в результате приостанавливаются эрозионные процессы, повышается плодородие почвы.

Дозу органических и минеральных (азотных) удобрений, необходимых для внесения на эродированных землях, можно определить по формуле

$$U = U_1 + U_1 K / 100,$$

где U — минимальная доза навоза и азотных удобрений, т/га; U_1 — доза навоза и азотных удобрений на несмытой почве, т/га; K — снижение содержания гумуса в смытых почвах, % от несмытой.

2.6.3. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Рекультивация — восстановление нарушенных земель. Это крупномасштабная экологическая проблема и новая область знаний, развивающаяся на стыке агрономических, биологических, геологических, горнотехнических, социально-экономических наук.

По данным Государственного научно-исследовательского института земельных ресурсов, в зависимости от горно-геологических условий месторождений в расчете на 1 млн т открытой добычи угля нарушается от 2,6 до 43 га земельных угодий, железной руды — от 14 до 640, марганцевой руды — от 76 до 600, фосфоритов — от 22 до 77 га. Нарушение земель и ухудшение экологической обстановки могут происходить и при подземной разработке месторождений за счет деформации поверхности (провалы и т. д.), складирования выработанных пород, загрязнения отбросами промышленности, нефтепродуктами, сточными водами, отработанными буровыми растворами и шламом при бурении и эксплуатации скважин.

Значительные нарушения земель возникают при прокладке магистральных трубопроводов, строительных дорог и каналов, других объектов. При этом ухудшаются ландшафты, структура землепользования, усиливаются процессы эрозии почв, нарушается баланс грунтовых и поверхностных вод, заболачиваются или иссушаются прилегающие земли, снижается их продуктивность.

Проблема рекультивации нарушенных земель и их использование имеет важное социально-экономическое и экологическое значение.

Различные аспекты рекультивации земель должны быть учтены в проектах строительства и реконструкции предприятий, связанных с нарушением земель, проблемой органично входящих в общие схемы землеустройства территориально-производственных комплексов. При соблюдении рекомендованных технологий нарушенные земли за 3—5 лет можно превратить в высокопродуктивные угодья. В России рекультивировано более 2200 тыс. га нарушенных земель.

Учитывая то, что некоторые горные породы могут обладать эффективным плодородием, а также достижения современного земледелия, разрабатывают методы и технологии создания антропогенных почв, биологического освоения рекультивированных участков и управления почвообразовательным процессом в техногенных ландшафтах, улучшения экологических условий применительно к конкретной природной зоне (территории).

Используя горные породы как экологические тесты и сравнивая их по показателям продуктивности культур с зональными по-

чвами, удалось основные виды растений разделить на экологотрофические группы: мега-, мезо-, олиго- и эвритрофы.

К *мегатрофам* относятся сельскохозяйственные культуры, предъявляющие наиболее высокие требования к почвенной (эдафической) среде: пшеница, рожь, овес, ячмень, кукуруза, сорго, гречиха, просо, подсолнечник, клешевина, арбуз, житняк, коострец.

Мезотрофы — горох, чина и другие зерновые бобовые, умеренно требовательные к наличию в почве питательных веществ.

Олиготрофы — галофиты, ацидофиты, псаммофиты, аргиллофиты, метофиты и другие, способные развиваться на бедных питательными веществами почвах, при высоких кислотности и засолении почв, неблагоприятном водном или воздушном режиме. К ним относится белоус и др.

Эвритрофы — люцерна, эспарцет, донник, лядвенец, астрагал, вязель и другие виды бобовых трав, обладающие способностью к симбиотической фиксации азота, обеспечивают продуктивность на уровне ненарушенных старопахотных земель.

Мощность рекультивированного почвенного покрова устанавливают с учетом биологических особенностей возделываемых культур, состава горных пород и насыпного слоя. Например, для черноземов она составляет от 1 до 2,5 м. Слой такой толщины позволяет создать условия для развития корневой системы и всего растения, близкие к нормальным.

При формировании новых рекультивированных почв исключают горные породы, обладающие фитотоксичными свойствами (содержащие избыток легкорастворимых солей, пирит, подвижные формы железа и алюминия), породы более ранних геологических возрастов (мел и юра мезозойские, карбон и девон палеозойские) с неблагоприятными физическими и агрохимическими свойствами.

Для различных природных зон страны с учетом особенностей почвенно-климатических условий определены рациональная мощность и конструкция рекультивационного слоя, разработаны ассортимент культур и мелиоративные севообороты, технологии возделывания сельскохозяйственных культур и выращивания продуктивных лесных насаждений.

Например, для специфических и сложных условий Подмосковского угольного бассейна, расположенного на территории Тверской, Смоленской, Калужской, Тульской и Рязанской областей, где во вскрышной толще до 40—60 % составляют фитотоксичные породы, были разработаны технологии, внедрение которых позволило создать на месте нарушенных земель пахотные участки с урожайностью сельскохозяйственных культур на уровне зональных показателей. В хозяйствах Новомосковского района Тульской области на рекультивированных землях получают до 4,5 т зерна с 1 га.

На карьерах Московской области пашню создают с помощью нанесения на поверхность отвалов слоя глауконитового песка. При внесении азотных удобрений на этих землях урожайность на 30—50 % выше, чем на обычных почвах.

На бросовых землях возможно создание крупных специализированных сельскохозяйственных предприятий.

Хорошие результаты получены на рекультивированных землях Егорьевского месторождения фосфоритов в Московской области.

В условиях Курской магнитной аномалии, расположенной на территории Курской, Белгородской и Орловской областей, положительные результаты получены при формировании искусственных почв на породах отвалов и прилегающих низкопродуктивных угодьях путем нанесения на них слоя чернозема, а также окультуривания потенциально плодородных пород.

По степени пригодности для освоения и ввода в сельскохозяйственный оборот вскрышные породы в районе Курской магнитной аномалии подразделяют на несколько групп.

I. Породы высокого качества, пригодные для выращивания бобовых и злаково-бобовых трав, других полевых культур, — лёссовидные суглинки, лёссы, грунтосмеси, суглинки с другими породами.

II. Породы среднего качества, пригодные для облесения и залужения, — пески, грунтосмеси алевроитов с мелом, суглинком, мергелем, глины колловея и др.

III. Породы низкого качества, пригодные для облесения и залужения после предварительного улучшения, — мел, девонские отложения.

IV. Пиритсодержащие породы, чрезмерно кислые, непригодные для биологического освоения.

В зависимости от качества вскрышных пород разработаны методы и технологии создания искусственных почв (рекультивация нарушенных земель). Данные о влиянии мощности наносимого перегнойного слоя на продуктивность культур приведены в таблице 21.

21. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от мощности наносимого слоя выщелоченного чернозема и подстилающей породы, т/га (по Бурькину)

Порода и мощность наносимого (+) перегнойного слоя почвы, м	Люцерна	Ячмень	Просо	Озимая рожь	Эспарцет (сено)
Мел (порода)	0,89	0,28	0,23	0,51	1,03
+0,2	1,43	1,43	1,88	1,21	1,86
+0,4	2,17	2,10	2,11	1,65	1,60
+0,6	2,41	2,38	2,63	1,72	1,84
+0,8	2,53	2,73	2,68	1,94	1,82
Суглинок (порода)	1,60	0,73	0,41	0,66	1,21
+0,2	1,94	1,78	1,92	1,42	1,40
+0,4	2,39	2,64	2,67	1,63	1,67
+0,6	2,63	2,98	2,70	1,85	1,80
+0,8	2,72	3,07	2,71	1,99	1,80

Максимальная урожайность всех культур получена при внесении на породы гумусового слоя мощностью 0,6 и 0,8 м. В расчете на каждые дополнительные 10 см гумусового слоя максимальные прибавки урожайности получены при внесении гумусового слоя мощностью 0,4 м.

При одной и той же мощности наносимого чернозема урожайность зерна по суглинку заметно выше, чем по мелу. Более отзывчивы на увеличение мощности наносимого перегнойного слоя люцерна, ячмень и просо. Озимая рожь и эспарцет заметно уступали этим культурам.

В создании плодородных почв на подстилающих породах эффективен метод прямого их окультуривания с помощью внесения минеральных удобрений, применения сидерации, посева многолетних трав (табл. 22).

22. Урожайность яровой пшеницы на различных породах в зависимости от способа их окультуривания, т/га (по Бурькину)

Способ окультуривания	Порода		
	суглинок	глина	грунтосмесь
Контроль (без окультуривания)	0,25	0,19	0,30
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0,78	0,56	0,65
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,07	0,71	0,95
Запашка стерни донника после уборки его на сено	1,27	1,01	1,13
Донник на сидерат	1,53	1,35	1,43
То же + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,76	1,51	1,61

Наиболее эффективен биологический метод окультуривания крышных пород.

Значительный опыт по рекультивации нарушенных земель накоплен при создании орошаемых пастбищ. Для посева использовали травосмесь из люцерны синей, ежи сборной и мятлика лугового. Урожайность зеленой массы за два укоса первого года пользования достигает 18 т/га.

Люцерна синегибридная при рекультивации земель на территории Курской магнитной аномалии за счет фиксации биологического азота накапливала от 700 до 900 кг азота на 1 га, из которых 150—400 кг остается в почве. За счет многолетних трав быстро происходят биологизация и повышение плодородия искусственно созданных земель. Через 2—3 года использования многолетних трав урожай зерновых достигает 1,8—2,7 т зерна с 1 га.

В зоне достаточного увлажнения получена урожайность сухой массы травосмеси из прутняка и житняка по 1,48 т/га, что выше, чем на ненарушенных естественных пастбищах.

Большой производственный интерес представляет опыт рекультивации и использования нарушенных земель в зоне вечной мерзлоты. На рекультивационных породных отвалах и гидроотвалах Магаданской области получают по 15 т/га зеленой массы овса и гороха, что в 10—20 раз выше урожайности дикорастущих трав на естественных кормовых угодьях.

При этом на рекультивированных угодьях создаются благоприятные водный и тепловой режимы, устраняется промораживание почвы, что способствует успешному возделыванию здесь кормовых культур. Рекультивация нарушенных земель для сельскохозяйственных целей в этом регионе выгоднее, чем освоение новых угодий.

Широко распространено улучшение малопродуктивных угодий методом землевания. Сущность этого метода заключается в том, что малопродуктивные угодья покрывают плодородным перегнойным слоем почвы разной мощности. Урожайность культур при этом повышается в 2,5—3 раза.

На сланцевых золоотвалах успешно создают культурные сенокосы. Золоотвалы образуются из насыпного материала, и свойства их зависят от «возраста», плотности залегания и химического состава золы. Реакция золоотвалов обычно сильнощелочная, причем с глубиной щелочность увеличивается (pH_{KCl} слоя 0—5 см колеблется в пределах 7,9—9,7, а на глубине 30 см — 12,3—12,6). В химическом составе сланцевой золы преобладают оксиды кальция (32—35 %) и кремния (24—30 %), а также оксидные соединения серы, магния, железа и углерода. Гранулометрический состав сланцевой золы соответствует песку и фракции крупной пыли. Плотность ее составляет 0,9—1,28 г/см³.

Питательных элементов в золе содержится недостаточно, соотношение их для роста неблагоприятное. Азот практически отсутствует, мало подвижного фосфора (0,2—0,4 мг/100 г), но очень много обменного калия (135—760 мг/100 г почвы).

Для создания на золоотвале культурного луга используют торф или почву слоем толщиной не менее 10 см. Это позволяет проводить боронование легкой бороной и работы по уходу за травостоем. Если золоотвал нужно только залужить, достаточен слой перегноя 3—5 см.

При закладке культурного луга на золоотвале наиболее перспективны смеси из овсяницы красной, ежи сборной, костреца безостого, клевера лугового и ползучего. Корневая система злаковых трав расположена в верхних слоях почвы, а бобовых проникает глубже. Бобовые связывают азот воздуха и снабжают себя и злаковые культуры этим элементом питания.

Из-за сильного разнообразия природных и техногенных условий, с которыми приходится сталкиваться при рекультивации

нарушенных земель, необходимо дифференцированно подходить к разработке технологий по их восстановлению и использованию.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое эрозия почвы? 2. Назовите причины возникновения водной и ветровой эрозий почв. 3. Перечислите составные части общей системы почвозащитного земледелия. 4. Расскажите о почвозащитной организации территории. 5. Какова роль агролесомелиорации в защите почв от эрозии? 6. Назовите агротехнические приемы борьбы с водной и ветровой эрозиями почв. 7. Какова почвозащитная роль полевых культур? 8. Назовите специальные приемы обработки почвы в борьбе с эрозией. 9. Расскажите о роли почвозащитного земледелия в сохранении и повышении плодородия почв. 10. Перечислите меры по регулированию стока воды с полей. 11. Расскажите о контурном земледелии и районах его распространения. 12. Что такое рекультивация земель и как ее проводят?

Глава 3 ОСНОВЫ АГРОХИМИИ



3.1. ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ И МЕТОДЫ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Задачи агрохимии. *Агрохимия* — наука об оптимизации питания растений и применении удобрений с учетом плодородия почвы и биоклиматического потенциала для получения высокого урожая хорошего качества.

Научной основой агрохимии в России послужили классические исследования К. А. Тимирязева по фотосинтезу и минеральному питанию растений. Он положил начало целому направлению в агрохимии — листовой диагностике минерального питания.

Дальнейшее развитие этой науки в нашей стране неразрывно связано с именем основателя научной школы агрохимии Д. Н. Прянишникова и его учеников. Особое значение среди его работ имеют классические исследования по азотному питанию растений и применению азотных удобрений. Он доказал, что аммонийные соли являются равноценным источником азотного питания для растений, как и соли азотной кислоты.

Основное содержание агрохимии как науки можно представить тремя разделами: химия растений, химия почвы, химия удобрений.

Главные задачи агрономической химии — управление круговоротом и балансом химических элементов в системе почва—растение; создание наилучших условий питания растений с учетом знания свойств различных видов и форм удобрений, особенностей их взаимодействия с почвой; определение наиболее эффективных форм, способов, сроков применения удобрений.

Эти важнейшие задачи агрохимии должны предусматривать экологические подходы к применению удобрений. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства растениеводческой продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов.

Агрохимия изучает процессы взаимосвязи роста и развития растений в конкретных почвенно-климатических условиях. Зная закономерности этих процессов, можно определить пути оптими-

зации питания растений с помощью макро- и микроудобрений, регулировать обмен веществ в растении в процессе вегетации с целью получения высококачественного урожая возделываемой культуры и улучшения качества продукции.

Химический состав растений. Сухое вещество растений состоит в среднем (% от массы) из углерода 45, кислорода 42, водорода 6,5, азота и других элементов — 6,5. В составе растений 20 химических элементов: углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, натрий, сера, хлор, железо, бор, медь, марганец, цинк, молибден, ванадий, кобальт и йод, безусловно необходимых для растений. Без них невозможно нормальное протекание жизненных процессов и завершение полного цикла развития растений. Кроме того, еще 12 элементов (кремний, алюминий, фтор, литий, серебро, стронций, кадмий, титан, свинец, хром, селен, никель) положительно действуют на рост и развитие растений. Их считают условно необходимыми. По мере совершенствования методов анализа общее число необходимых элементов в составе растений может увеличиться.

Углеводы, жиры и другие безазотистые органические соединения состоят из углерода, кислорода, водорода, а в состав белков и других азотистых соединений входит азот. Эти четыре элемента — С, О, Н, N — получили название органических, на их долю приходится 95 % сухого вещества растений. При сжигании растительного материала органические элементы улетучиваются в виде газообразных соединений и паров воды, а в золе остаются преимущественно в виде оксидов многочисленные зольные элементы, на долю которых приходится в среднем около 5 % сухого вещества.

Азот и такие зольные элементы, как фосфор, калий, кальций, магний, сера и железо, содержатся в растениях в относительно больших количествах (от нескольких процентов до сотых долей процента сухого вещества) и относятся к *макроэлементам*.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности кроме макроэлементов растениям в небольших количествах необходимы бор, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт, йод и ванадий. Концентрация каждого из этих элементов в растениях составляет от тысячных до сотых долей процента; их называют *микроэлементами*. Их содержание в растениях обычно выражают в мг/кг сухого вещества.

Большинство необходимых растительным и животным организмам микроэлементов относится к тяжелым металлам. Этим термином обозначают класс загрязнителей природной среды (преимущественно техногенного характера) из числа химических элементов, имеющих атомную массу свыше 50 единиц. Термин «тяжелые металлы» применим к микроэлементам, когда они находят-

ся в объектах окружающей среды в повышенных количествах и могут оказывать на человека и животных токсичное действие. Среди тяжелых металлов основными загрязнителями являются ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, хром и никель. Из них наиболее опасны кадмий, ртуть и свинец, которые даже в ничтожно малых концентрациях токсичны для живых организмов. Избыточное поступление в организм человека и животных других элементов, не относящихся к тяжелым металлам (мышьяк, бор и фтор), также опасно. Их содержание в воде, атмосфере, пищевой продукции и кормах устанавливается законодательно для каждого вредного вещества и регламентировано показателями «предельно допустимая концентрация» (ПДК) и «максимально допустимый уровень» (МДУ).

Набор тяжелых металлов-загрязнителей для отдельных регионов может различаться вследствие геохимических особенностей почв, характера и интенсивности промышленного производства. Основные источники поступления тяжелых металлов в природную среду — предприятия черной и цветной металлургии, тепловые станции, транспорт.

Роль отдельных элементов в жизни растений. Каждый элемент минерального питания растений выполняет специфические функции.

Азот. Роль его в жизни растений исключительно велика. Он входит в состав белков, хлорофилла, ферментов. При обильном обеспечении азотом растений увеличивается их листовая поверхность, листья становятся темно-зелеными. Поскольку в составе цитоплазмы клеток преобладают белки, то усиление азотного питания вызывает увеличение ее массы. Клеточные же оболочки, образуемые преимущественно углеводами, становятся более хрупкими, содержание кальция в растении уменьшается. При недостатке азота клетки растений, наоборот, небольшие, увеличивается доля клеточных оболочек, содержащих больше кальция, чем цитоплазма.

Потребность растений в азоте в течение вегетации меняется, его требуется больше в первый период развития растений, когда образуются вегетативная масса и фотосинтезирующий аппарат. Поздние подкормки полевых культур поэтому могут оказать отрицательное действие, удлиняя период созревания растений и увеличивая содержание в них небелкового азота (сахарная свекла).

При недостатке азота растения плохо растут и развиваются, листья приобретают светло-зеленую окраску, иногда бывают оранжевого и красного оттенков (капуста, брюква), преждевременно опадают, семена и плоды созревают раньше обычного. У злаков отмечается слабое кущение, у плодовых — опадание завязи.

Признаки недостатка азота лучше всего выражены на нижних листьях.

Ф о с ф о р. Входит в состав нуклеопротеидов, белков клеточного ядра, фосфатидов и фитина. От содержания его в растениях в большой степени зависят ассимиляция и диссимиляция, поскольку сложный механизм многих ферментных процессов невозможен без реакции фосфорилирования.

При недостатке фосфора растения плохо растут, молодые листья приобретают красно-фиолетовый оттенок.

Особенно заметно влияет на урожай недостаток доступного фосфора в первый период развития растений. Хорошее снабжение фосфором зерновых культур ускоряет их созревание. При общем увеличении урожая значительно повышается и качество продукции (содержание сахара в сахарной свекле, крахмала в клубнях картофеля).

К а л и й. Важнейший элемент почвенного питания растений. В отличие от азота и фосфора он не входит в органические образования растительной клетки. Недостаток его в почве резко угнетает рост и развитие растений. Находясь в них в форме катиона K^+ , он регулирует важнейшие физиологические процессы, поддерживая высокую активность цитоплазмы. Особенно много калия в молодых активно растущих органах растения. С возрастом происходит его отток из старых органов в более молодые. Калий усиливает процессы образования углеводов и белков, зимостойкость озимых культур, повышает качество растительной продукции (зерно, плоды, волокно).

Недостаток калия обуславливает изменение окраски листьев: она становится темно-зеленой с голубоватым и бронзовым оттенком. На листьях можно наблюдать отмершие бурые участки, листья часто морщинисты. Из-за укорачивания междоузлий они расположены на побеге более тесно. Часто недостаток калия сказывается на снижении тургора, листья вянут и поникают. Указанные признаки характерны сначала для нижних листьев, но постепенно распространяются и на более молодые.

К а л ь ц и й. Необходим для нормального роста надземных органов и корней растений. При недостатке его в почве плохо развивается корневая система, особенно ее активная часть — окончания корней и корневые волоски, в растениях накапливается ряд вредных для них элементов.

При недостатке кальция задерживается рост вновь образующихся листьев, на них появляются светло-желтые пятна (хлороз), потом листья отмирают, а старые остаются нормальными.

М а г н и й. Физиологическая роль магния заключается в том, что он входит в состав хлорофилла. Чаще всего недостаток магния растения испытывают на легких кислых почвах.

При магниевом голодании зеленая окраска листьев постепенно переходит в желтую, красную и фиолетовую. Крупные жилки листа остаются зелеными, между ними участки листа изменяют окраску. Задерживается прохождение отдельных фаз развития растений. Часто вследствие повышенного содержания воды листья становятся очень ломкими.

Сера. Входит в состав многих растительных белков. Кроме того, она содержится в некоторых растительных маслах.

Недостаток серы вызывает хлороз листьев, усиление их деревянистости, а также черешков. Стебли удлинены.

Железо. Участвует в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в растении. Хлороз (обесцвечивание листьев), наблюдающийся при недостатке железа, свидетельствует об участии его в образовании хлорофилла. Но железо не входит в состав последнего.

Хлоротичны обычно верхние молодые листья, нижние же листья, как правило, нормальной зеленой окраски.

Питание растений. Это сложный процесс поступления отдельных биогенных элементов из воздуха (например, при ассимиляции диоксида углерода листьями в процессе фотосинтеза) и поглощения основной массы доступных минеральных солей через корневую систему из раствора и твердой фазы почвы. Сложность регулирования и оптимизации процесса питания растений и обмена веществ заключается в том, что он находится в тесной взаимосвязи с погодно-климатическими условиями, которые не всегда можно регулировать (температурный режим воздуха и почвы, аэрация, водообеспечение, относительная влажность воздуха и др.). От этих же условий в значительной мере зависит и содержание в почве питательных веществ в доступной для поглощения растениями форме.

Мобилизация или иммобилизация отдельных питательных элементов в почве в существенной мере определяется активностью и направленностью химических, физико-химических и микробиологических процессов, а также биологическими свойствами самого растения, динамикой поглощения отдельных катионов и анионов в период вегетации культуры.

Все зольные элементы практически полностью потребляются растениями из почвы, поэтому оптимизация их содержания в почве в доступной для растений форме — одна из важнейших задач агрохимии.

Существует автотрофный и симбиотрофный (микотрофный и бактериотрофный) типы питания растений. В большинстве случаев у растений преобладает *автотрофный тип питания* (от греч. *trophē* — пища), т. е. самостоятельное обеспечение неорганическими элементами, азотом почвы и диоксидом углерода, из кото-

рых синтезируются органические вещества. Автотрофные организмы не нуждаются в поступлении извне готовых органических веществ, а в процессе углеродного питания (фотосинтеза) из углерода (CO₂) воздуха осуществляют их первичный синтез, т. е. заново создают органические соединения.

При *симбиотрофном типе питания* высшее растение тесно сожительствует с другими организмами (симбионтами). При этом типе питания происходит взаимное использование продуктов обмена веществ для питания.

При симбиозе высшего растения с грибами устанавливается *микотрофный тип питания*. Микориза гриба обеспечивает высшее растение водой, растворенными в ней минеральными солями и другими веществами, грибы же используют углеводы и другие органические соединения, синтезируемые высшим растением.

При *бактериотрофном типе питания* осуществляется симбиоз, например клубеньковых бактерий (ризобиум) с бобовыми растениями. При создании оптимальных условий, обеспечивающих эффективный симбиоз, биологическая фиксация азота достигает нескольких сотен килограммов на один гектар в год. Определение оптимального соотношения биологического и технического азота позволяет правильно сбалансировать круговорот этого элемента в земледелии и не вызвать нарушения равновесия в окружающей среде, т. е. более успешно решать экологические проблемы агрохимии азота.

Растение питается через корни и листья. Различают два типа питания: воздушное и корневое. *Воздушное питание* (фотосинтез) — это ассимиляция зелеными листьями диоксида углерода из атмосферы, *корневое питание* — усвоение корнями растений из почвы воды и различных ионов минеральных солей, а также незначительного количества некоторых органических веществ.

Эти два вида питания растений тесно взаимосвязаны. Например, при недостатке питательных веществ в почве задерживается образование органических соединений в листьях, что, в свою очередь, тормозит рост и развитие растений, снижает их продуктивность.

Применение удобрений позволяет предотвратить или смягчить воздействие различных стрессов на растения, повышая их приспособляемость к неблагоприятным условиям, засухо- и морозоустойчивость, восприимчивость к болезням.

3.2. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

Химическая мелиорация почв — это регулирование состава поглощенных ППК катионов путем замены избытка нежелательных среди них на кальций. Устраняют избыточную кислотность почв известкованием, а избыточную щелочность — гипсованием. Про-

ведение известкования и гипсования должно предшествовать внесению удобрений и необходимо для создания оптимальных для возделываемых культур реакций почвенного раствора, потребления питательных элементов почвы и вносимых удобрений. Это повышает урожай культур и эффективность применения минеральных и органических удобрений.

Известкование. Нуждаемость почв в известковании определяется с учетом гранулометрического состава комплексом агрохимических показателей: $pH_{\text{кол}}$, степень насыщенности основаниями, содержание органического вещества, подвижных форм алюминия и марганца. При pH солевой вытяжки ниже 4,5 потребность в известковании сильная, 4,6—5,0 — средняя, 5,1—5,5 — слабая, а при pH более 5,5 — отсутствует. Величина кислотности почвы важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании.

По степени насыщенности почв основаниями дополнительно уточняют степень их нуждаемости в известковании: менее 50 % — сильная, 51—70 — средняя, 71—80 — слабая, более 80 % — отсутствует.

Более точно полную дозу извести можно установить по величине гидролитической кислотности. Для нейтрализации 1 мг-экв кислотности в 100 г почвы (Нг) нужен 1 мг-экв. (50 мг) $CaCO_3$. Если на 100 г почвы требуется 50 мг, то на 1 кг — 500 мг, а на 1 га, масса 20-сантиметрового пахотного слоя дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы которого составляет 3 000 000 кг, требуется 1,5 т $CaCO_3$. Отсюда полную дозу $CaCO_3$ рассчитывают по формуле: $D = 1,5 \cdot Нг$ (т/га).

Дозу конкретных известковых удобрений вычисляют по формуле

$$D = \frac{H \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - B)(100 - K)P},$$

где D — количество известкового удобрения, которое надо внести с учетом влажности, примесей и содержания крупных частиц, т/га; H — доза чистого и сухого карбоната кальция (которую определяют по гидролитической кислотности по таблицам), откорректированная в зависимости от севооборота, т/га; B — влажность удобрения, %; K — количество примесей и частиц крупнее 1 мм, %; P — нейтрализующая способность известкового удобрения в пересчете на $CaCO_3$ или $CaCO_3 + MgCO_3$, %.

При известковании кроме свойств почвы необходимо учитывать особенности культур, возделываемых в севообороте. Кислую реакцию не переносят люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста — для них оптимум pH лежит в узком интервале — от 7 до 7,5. Они хорошо отзываются на известкование даже слабокислых почв.

Культуры, чувствительные к повышенной кислотности: пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, все бобовые (кроме люпи-

на и сераделлы), огурец, лук, салат. Они предпочитают рН, близкий к нейтральному (6—7), и хорошо отзываются на известкование.

Культуры, менее чувствительные к кислотности: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, редис, морковь, томат. Они могут расти в широком диапазоне рН — от кислой до слабощелочной реакции (4,7—7,5), но наиболее благоприятны для роста слабокислая и близкая к нейтральной реакции (рН 5—6). Эти культуры положительно реагируют на известкование сильно и среднекислых почв полными дозами.

Культуры, предпочитающие слабокислую реакцию, нуждаются в известковании только средне- и сильнокислых почв: лен, картофель. Для льна лучше слабокислая реакция (рН 5,5—6,5), картофель малочувствителен к реакции в диапазоне рН 4,5—6,5. Высокие дозы СаСО₃ отрицательно влияют на качество урожая этих культур.

Устанавливая дозу извести для конкретных условий, важно учитывать гранулометрический состав почв. На тяжелых почвах и под культуры, очень чувствительные к повышенной кислотности, лучше вносить полную дозу извести, рассчитанную по гидролитической кислотности. На более легких малобуферных почвах и для культур, нечувствительных к кислотности, дозу извести необходимо уменьшить на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$.

Известковые удобрения. Они подразделяются на три группы: промышленного производства; получаемые размолом твердых карбонатных пород (известковая и доломитовая мука); отходы промышленности, богатые известью (жженная известь, металлургические шлаки, цементная пыль, дефекаат, сланцевая зола и др.).

Местные удобрения из рыхлых (мягких) карбонатных пород (туф, гаж, мергель и др.) в размолу обычно не нуждаются.

Известковая (доломитизированная) и доломитовая мука. Получают при дроблении и размолу известняков и доломитов. Известняки состоят в основном из карбоната кальция (СаСО₃) и часто обогащены карбонатом магния (до 10—15 % MgO). Наличие MgСО₃ уменьшает растворимость и повышает твердость доломитизированных известняков. Белый, серый, желтый и коричневый цвета известняков обусловлены составом и содержанием примесей. Доломиты также состоят из карбоната кальция (54,4 %) и карбоната магния (45,6 %).

Качество известковых удобрений оценивают по количеству соединений, нейтрализующих кислотность почвы, и по тонине помола. Промышленные известковые удобрения должны содержать не менее 85 % СаСО₃ и MgСО₃. Чем тоньше помол известняковой и доломитовой муки, тем скорее и полнее она взаимодействует с почвой, быстрее нейтрализует кислотность и тем выше эффективность известкования. Наиболее эффективна известняковая мука с тониной помола менее 0,25 мм. При высоком содержании

грубых частиц (крупнее 1—3 мм) эффективность ее резко снижается.

Согласно государственному стандарту известняковая мука первого и второго сортов первого класса должна содержать соответственно 88 и 85 % нейтрализующих веществ в расчете на CaCO_3 , не более 3—5 % частиц крупнее 1 мм, 90—55 % с размером частиц менее 0,25 мм, а влажность известняковой муки не должна превышать 1,5 %, слабопылящей — 4—6 %.

Жженая известь. Ее как отход производства получают на известковых заводах и при производстве хлорной извести. При обжиге карбонатных пород CaCO_3 превращается в CaO , называемый *жженой (негашеной) известью*. При взаимодействии ее с водой образуется порошок, называемый *гашеной известью (пушонкой)*. По способности нейтрализовать кислотность почвы 1 т $\text{Ca}(\text{OH})_2$ равна 1,35 т CaCO_3 . Пушонка — быстродействующее известковое удобрение. Эффективность ее в первый год после внесения может быть выше, чем CaCO_3 , но с годами их действие выравнивается.

Цементная пыль. Улавливаемая при производстве цемента, она должна содержать не менее 60 % нейтрализующих веществ в расчете на CaCO_3 и влажность не более 2 %.

Металлургические шлаки. По нейтрализующей способности должны содержать не менее 80 % CaCO_3 , иметь влажность не более 2 %; гранулометрический состав: 70 % массы имеет размер менее 0,25 мм, из них 90 % — менее 0,5 мм. Большая часть кальция в шлаках содержится в виде силикатов (CaSiO_3 , Ca_2SiO_4), менее растворимых, чем CaCO_3 , поэтому тонина размола здесь еще более важна. Наряду с кальцием, магнием, кремнием шлаки содержат фосфор, марганец, серу и другие элементы. По этим причинам эффективность шлаков нередко даже выше эквивалентных доз по $\text{CaO}(\text{CaCO}_3)$ известняковой и доломитовой муки. Кроме того, содержащаяся в шлаках кремниевая кислота усиливает химическое связывание подвижного алюминия, что косвенно способствует увеличению содержания подвижных форм фосфора в почве.

Сланцевая зола. Получается при сжигании горючих сланцев на предприятиях и электростанциях, содержит 30—40 % CaO , 1,5—3,8 % MgO , а также небольшое количество калия, натрия, фосфора, серы и некоторые микроэлементы. В соответствии с ТУ 46-7—71 сланцевая зола по нейтрализующей способности должна соответствовать содержанию не менее 60 % CaCO_3 и влаги более 2 %, по гранулометрическому составу 97 % массы должны быть размером не менее 1 мм. Большая часть кальция и магния в золе находится в виде менее растворимых, чем CaCO_3 , кремнекислых форм, поэтому нейтрализация кислотности почв при ее внесении происходит медленнее. Даже в высоких дозах (20 т/га) зола положительно влияет на культуры.

Дефекат. Это отходы свеклосахарных заводов, содержащие CaCO_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также в небольших количествах органическое вещество, азот, фосфор, калий и микроэлементы. В соответствии с ТУ 570 — 74 дефекат первого класса по нейтрализующей способности соответствует содержанию CaCO_3 не менее 60 % и влаги не более 20 %, второго класса — не менее 40 % CaCO_3 и более 30 % влаги. Сухой дефекат (20—30 % влажности) сыпучий и содержит 10—15 % органического вещества, 0,2—0,7 % азота, 0,2—0,9 P_2O_5 и 0,3—1,0 % K_2O . Поэтому для всех культур при внесении в эквивалентных по CaO количествах дефекат значительно превосходит по эффективности известняковую муку.

Местные известковые удобрения. Состоят из рыхлых (мягких) карбонатных пород, по объемам применения в России занимают третье место. Они не требуют размолта, быстрее действуют и более эффективны, чем молотые известняки. Многие местные залежи таких пород находятся в зонах распространения кислых почв, поэтому использование их для известкования ближайших полей агрономически и экономически выгодно. Различия в эффективности крупных и мелких фракций гранулометрического состава мягких пород выражены гораздо слабее, чем твердых.

Известковые туфы. Содержат от 70 до 90—98 % CaCO_3 с органическими и минеральными примесями, встречаются в при-террасных поймах, в местах выхода ключей. По внешнему виду это рыхлая, пористая, легко рассыпающаяся масса обычно серого, нередко ржавого, бурого и темного цветов. Известняковые туфы, содержащие не более 30 % влаги, 85 % массы которых мельче 5 мм, разделяют по содержанию CaCO_3 на первый (> 80 %) и второй (70—80 %) сорта.

Озерная известь (гажа). При влажности не более 30 % может содержать 60—95 % CaCO_3 и примеси разных элементов, органических веществ. Залежи ее находят в высохших водоемах прошлых геологических эпох и собирают при очистке дна существующих озер и подсушивают. Гажа имеет мелкозернистое сложение, легко рассыпается и является высокоэффективным известковым удобрением.

Торфотуфы. Содержат от 10 до 50 % CaCO_3 . Ценное известково-органическое удобрение, наиболее эффективно на бедных органическими веществами, нуждающихся в известковании почвах. К сожалению, они малорентабельны, поэтому их следует применять на ближайших к месторождению полях.

Мергель. Содержит 25—50 % CaCO_3 . Залежи его встречаются в виде рыхлых и плотных масс. Плотный мергель целесообразно на зиму вывозить на поля и размещать небольшими кучками, которые под влиянием смены температуры и влажности к весне рас-

сыпаются на мелкие частицы и после заделки в почву по эффективности не уступают известняковой муке.

Доломитовая природная мука. Содержит кроме CaCO_3 также MgCO_3 (в сумме 95 % и более в пересчете на CaCO_3). Это самое ценное известковое удобрение для почв легкого гранулометрического состава.

Доломитовая мука, используемая для известкования, должна содержать не менее 80 % нейтрализующих веществ в расчете на CaCO_3 и влаги не более 12 %.

Эффективность применения извести в большой степени зависит от равномерного ее внесения и тщательного перемешивания с почвой. Известь должна быть хорошо измельчена и перед заделкой равномерно рассеяна по поверхности почвы.

Внесение известковых удобрений осуществляют известковыми сеялками и разбрасывателями, а пылевидные вносят машинами пневматического типа под зяблевую обработку или весной под перепахку.

Гипсование — основной прием химической мелиорации для коренного улучшения солонцов и солонцеватых почв, содержащих более 10 % Na от общей емкости поглощения. При внесении в почву гипса устраняется избыточная щелочность (сода) в почвенном растворе, вредная для многих сельскохозяйственных культур, а поглощенный почвой натрий вытесняется и замещается кальцием с образованием в растворе нейтральной соли — сульфата натрия.

Для гипсования можно использовать гипс сыромолотый, фосфогипс, глиногипс.

Гипс сыромолотый ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Серый и белый порошок, содержащий 71—73 % CaSO_4 . Его получают при размоле природного гипса. В воде растворяется слабо, однако лучше известняка, поэтому очень важна тонина помола. Стандартный гранулометрический состав следующий: все частицы имеют размер < 1 мм, в том числе не менее 70 % частиц размером < 0,25 мм при влажности не более 8 %. При большей влажности гипс слеживается и превращается в глыбы и комки.

Фосфогипс. Это отходы производства двойного суперфосфата и преципитата — серый или белый порошок (мука), содержит 70—75 % CaSO_4 и 2—3 % P_2O_5 . Более эффективен, чем гипс, при внесении в эквивалентных дозах. При увлажнении слеживается, поэтому его, как и гипс сыромолотый, содержат в сухих хранилищах.

Глиногипс. Это природные залежи рыхлой, не требующей размола породы, содержащей 60—90 % CaSO_4 и 1—11 % глины.

Пиритные огарки, технические кислоты (H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4). Их также можно использовать для кислования щелочных почв. Это более быстрый и эффективный, но экономичес-

ки значительно более дорогой способ устранения щелочности почвенного раствора и замены в ППК натрия на водород, хотя при этом улучшаются питание растений и обеспеченность почвы азотом, фосфором и другими питательными элементами.

Доза гипса в зависимости от количества поглощенного натрия и щелочности почвы может быть от 3 до 10 т/га. Для расчета дозы гипса (т/га) можно пользоваться формулой

$$G = 0,086(\text{Na} - 0,1E)Hd,$$

где 0,086 — масса 1 моль (в мг · экв) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Na — содержание обменного натрия, мг · экв/100 г почвы; 0,1 — коэффициент на неполноту вытеснения Na, соответствует 10 % неактивного натрия от емкости обмена; E — емкость поглощения, мг · экв/100 г почвы; H — мощность мелиорируемого слоя; d — плотность сложения.

Для определения ориентировочных доз гипса можно пользоваться рекомендациями зональных научно-исследовательских и проектно-изыскательских учреждений: в зоне черноземов — на корковых содовых сланцах — 8—10 (и более) т/га, а при слабой щелочности — 3—4 т/га; на средне- и глубокостолбчатых солонцах — 3—4 т/га, а при наличии соды — 5—10 т/га; в зонах каштановых и бурых почв — на солонцеватых почвах — 1—3 т/га, на средне- и глубокостолбчатых солонцах — 3—5 т/га, на корковых хлоридно-сульфатных солонцах — 5—8 т/га.

3.3. МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ

По химическому составу все удобрения делятся на органические и минеральные, а в зависимости от происхождения и места получения — на местные (навоз, торф, зола и др.) и промышленные (азотные, фосфорные, калийные, сложные и микроудобрения). Минеральные удобрения содержат питательные вещества, как правило, в виде различных минеральных солей.

Минеральные удобрения могут быть простыми, или односторонними, если они содержат один основной питательный элемент, например азот, фосфор или калий, и комплексными, или многосторонними, если содержат два и более основных питательных элемента. Иногда их подразделяют на макро- и микроудобрения. *Макроудобрения* содержат макроэлементы (азот, фосфор, калий, иногда кальций и магний), т. е. те элементы, которые входят в состав растений и потребляются ими в значительных количествах. *Микроудобрения* (борные, молибденовые, цинковые и др.) содержат микроэлементы, которые имеются в растениях и потребляются ими в микро- и ультрамикроколичествах.

Азотные удобрения. Нитратные удобрения. К ним относятся натриевая и кальциевая селитры. В эту группу входят удобрения, содержащие азот в нитратной форме, — NaNO_3 и $(\text{CaNO}_3)_2$.

Натриевая селитра (нитрат натрия, чилийская селитра) содержит 15—16 % азота и 26 % натрия. *Кальциевая селитра* (нитрат кальция, норвежская селитра) содержит 13—15 % азота.

Нитратные удобрения можно применять повсеместно на разных почвах под все сельскохозяйственные культуры. Однако из-за низкого содержания азота в натриевой и кальциевой селитрах перевозить их на большие расстояния экономически невыгодно. Эти селитры лучше использовать в районах, прилегающих к месту их производства.

Кальциевая селитра для большинства растений совершенно равноценна натриевой. Только при внесении под сахарную свеклу и другие корнеплоды она уступает по эффективности натриевой селитре. Это объясняется положительным влиянием Na на отток углеводов из листьев в корнеплоды, в результате чего урожай корнеплодов и содержание в них сахаров повышаются.

Натриевую и кальциевую селитры лучше применять весной под предпосевную культивацию и в подкормки растений во время их вегетации. В летний период нитраты из-за их высокой подвижности на легкодренлируемых почвах в условиях влажного климата или при обильном орошении могут вымываться. Поэтому в зонах с влажным климатом и в орошаемых районах под рис и другие культуры предпочтительнее аммиачные, а не нитратные удобрения.

Натриевую селитру можно вносить и в рядки с семенами, а кальциевая селитра для этих целей малопригодна ввиду ее высокой гигроскопичности. Натриевая и кальциевая селитры — физиологически щелочные удобрения.

Аммонийные и аммиачные удобрения. К твердым аммонийным удобрениям относятся сульфат аммония, хлористый аммоний (хлорид аммония), карбонат и бикарбонат аммония.

Сульфат аммония (сернокислый аммоний) — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Химически чистая соль содержит 21,2 % азота, а в техническом продукте, идущем на удобрение, его 20,5 %. Кристаллическая соль, хорошо растворимая в воде. Гигроскопичность ее очень слабая, поэтому при нормальных условиях хранения слеживается мало и сохраняет хорошую рассеваемость.

Синтетический сульфат аммония белого цвета, а коксохимический из-за органических примесей имеет серую, синеватую или красноватую окраски.

Содержит около 24 % серы и служит хорошим источником этого элемента для питания растений.

Сульфат аммония-натрия — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$. Содержит 16—17 % азота и 8 % натрия. Его получают также при производстве

капролактама. Кристаллическая соль белого, темно-серого или желтого цветов. Его используют так же, как сульфат аммония, целесообразно вносить под сахарную свеклу и другие корнеплоды из-за содержания в нем натрия.

Хлорид аммония (хлористый аммоний) — NH_4Cl . Побочный продукт при производстве соды. Удобрение содержит 25 % азота. Из-за большого количества хлора (67 %) малопригоден для культур, чувствительных к этому элементу (табак, цитрусовые, картофель, лук, капуста, конопля, лен и др.).

Сульфат аммония и хлорида аммония — удобрения физиологически кислые, так как растения из этих солей быстрее и в большем количестве потребляют катионы NH_4^+ , чем анионы SO_4^{2-} (или Cl^-). При однократном внесении умеренных доз этих удобрений заметного подкисления почвы не наблюдается, но при систематическом использовании на малобуферных почвах происходит их подкисление.

Карбонат $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ и бикарбонат аммония $(\text{NH}_4\text{HCO}_3)$. Эти удобрения применяют в сельском хозяйстве в небольших количествах. Карбонат аммония — кристаллическое вещество белого цвета. Получают его насыщением аммиачной воды диоксидом углерода с последующей отгонкой карбоната аммония. Карбонат аммония очень нестоек, на открытом воздухе разлагается с выделением аммиака и переходит в бикарбонат аммония. Технический продукт содержит 21—24 % азота и представляет собой смесь карбоната и карбамата аммония.

Бикарбонат аммония получают на основе адсорбции газообразного аммиака и диоксида углерода раствором карбоната аммония. Удобрение содержит около 17 % азота. Обладает несколько большей стойкостью по сравнению с карбонатом аммония, но все же при хранении, перевозках и внесении не исключены потери аммиака. При поверхностном внесении бикарбоната аммония его следует немедленно заделать в почву.

Внесенные в почву аммонийные удобрения быстро растворяются, и ион NH_4 вступает в обменные реакции с катионами твердой фазы почвы. Значительная часть растворенных катионов NH_4^+ входит в почвенный поглощающий комплекс, а в раствор переходит эквивалентное количество вытесненных катионов.

Переходя в обменно-поглощенное состояние, ион аммония теряет подвижность. Вследствие этого устраняется опасность его вымывания в условиях промывного режима почв. В то же время, находясь в обменно-поглощенном состоянии, ионы аммония хорошо усваиваются растениями.

Для устранения подкисляющего действия аммонийных удобрений перед внесением в почву рекомендуют смешать их с известью из расчета 130—140 кг на 100 кг удобрений.

Аммонийные удобрения малопригодны для междурядных подкормок пропашных культур. Не следует применять их под предпосевную культивацию, так как интенсивное поступление аммиачного азота в молодые проростки растений может привести к их отравлению из-за избыточного его накопления в растениях.

К жидким аммиачным удобрениям относятся безводный аммиак и аммиачная вода.

Безводный аммиак — NH_3 . Содержит 82,2 % азота. Получают сжижением газообразного аммиака под давлением. По внешнему виду это бесцветная подвижная жидкость, плотность при 20 °С — 0,61, температура кипения 34 °С. При хранении в открытых сосудах быстро испаряется. Обладает высокой упругостью паров, поэтому его хранят и транспортируют в стальных баллонах или цистернах, выдерживающих высокое давление.

Аммиачная вода (водный аммиак) — NH_4OH . Это водный 25- и 22%-ный раствор аммиака. Выпускается двух сортов: с содержанием азота 20,5 % и 18 %. Бесцветная или желтоватая жидкость с резким запахом аммиака (нашатырного спирта). Упругость паров небольшая. Хранить и транспортировать можно в герметически закрывающихся резервуарах, рассчитанных на невысокое давление. В аммиачной воде азот находится в форме NH_3 и NH_4OH , причем аммиака содержится больше, чем аммония. Этим обусловлена вероятность потерь азота за счет улетучивания NH_3 при перевозке, хранении и внесении удобрения. Использовать аммиачную воду в качестве удобрения проще и безопаснее, чем безводный аммиак. Однако в этом удобрении мало азота.

Преимущество жидких азотных удобрений заключается в том, что производство и применение их значительно дешевле, чем твердых.

При правильном применении жидкие азотные удобрения дают такие же прибавки урожаев культур, как и равная доза азота в аммиачной селитре.

Жидкие азотные удобрения вносят специальными машинами, обеспечивающими немедленную заделку их на глубину не менее 10—12 см на тяжелых почвах и 14—18 см на легких. При такой заделке жидких удобрений аммиак не улетучивается из почвы. Возможны некоторые его потери только на сильнокарбонатных почвах, имеющих щелочную реакцию. Поверхностное внесение жидких азотных удобрений недопустимо, так как аммиак быстро улетучивается. При мелкой заделке их в верхний сухой слой почвы также возможны значительные потери аммиака, особенно на легких почвах.

Жидкие азотные удобрения применяют в качестве основного (допосевного) удобрения под все сельскохозяйственные культуры. Вносить их можно как весной до посева, так и осенью. Однако на

легких почвах, имеющих низкую емкость поглощения катионов, внесение высоких доз этих удобрений с осени сопряжено с возможной потерей аммиака, так как часть его не будет адсорбирована почвенным поглощающим комплексом.

Жидкие азотные удобрения можно применять и для подкормки пропашных культур при междурядной обработке почвы. Для того чтобы не повредить молодые растения избыточной концентрацией аммиака, удобрения вносят в середину междурядий или на расстоянии 15—10 см от рядков растений.

Аммонийно-нитратные удобрения. К этой группе относятся удобрения, содержащие азот в аммонийной и нитратной формах — аммонийная селитра и сульфонитрат аммония.

Аммонийная селитра (аммиачная селитра, нитрат аммония) — NH_4NO_3 . Содержит 34,6 % нитратного и аммиачного азота в соотношении 1:1. Это основное азотное удобрение, поставляемое сельскому хозяйству.

Удобрение выпускают в виде кристаллов белого цвета или гранул размером 1—3 мм различной формы (сферической, в виде чешуек, пластинок). Негранулированная кристаллическая аммиачная селитра обладает высокой гигроскопичностью, при хранении слеживается, поэтому хранят ее в водонепроницаемых мешках в сухом помещении. Гранулированная селитра менее гигроскопична, меньше слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость, особенно если в процессе ее получения в нее в больших количествах вводят специальные кондиционирующие (гидрофобные) добавки.

Следует помнить, что аммиачная селитра пожаро- и взрывоопасна, при хранении в больших количествах способна к детонации. Поэтому при работе с ней соблюдают особые меры предосторожности; ее складывают в специально оборудованных помещениях, вдали от легковоспламеняющихся и взрывчатых веществ.

Аммиачная селитра — хорошо растворимое безбалластное высококонцентрированное универсальное удобрение. Ее можно применять под любые культуры и на всех почвах перед посевом, при посеве в рядки или лунки и в подкормку.

На почвах, насыщенных основаниями, в растворе образуется кальциевая (или магниевая) селитра, и почвенный раствор не подкисляется даже при систематическом внесении высоких доз удобрения. Для этих почв аммиачная селитра — одна из лучших форм азотных удобрений.

На кислых дерново-подзолистых почвах, содержащих в поглощенном состоянии мало кальция и много ионов H^+ , в почвенном растворе образуется HNO_3 , поэтому он подкисляется. Подкисление носит временный характер, так как исчезает по мере потребления нитратного азота растениями. В первое время, особенно

при внесении большой дозы аммиачной селитры и неравномерном ее рассеивании, в почве могут создаваться очаги с высокой кислотностью.

При длительном применении аммиачной селитры на малобуферных дерново-подзолистых почвах подкисление может быть довольно сильным. В результате эффективность этого удобрения, особенно при внесении под культуры, чувствительные к повышенной кислотности, заметно снижается.

Для повышения эффективности NH_4NO_3 на кислых почвах очень важно известкование (или нейтрализация кислотности самого удобрения известью или доломитом при соотношении 1 : 1).

Аммонийную селитру применяют в качестве как допосевного (основного), так и рядкового (при посеве) удобрения, а также для подкормок в период вегетации.

В условиях влажного климата, особенно на легких по гранулометрическому составу почвах, где возможно вымывание нитратного азота, внесение нитрата аммония осенью под зяблевую вспашку менее эффективно, чем весной под предпосевную культивацию. В менее увлажненных районах аммонийную селитру можно применять и осенью, не опасаясь вымывания азота. В небольших дозах (10—15 кг N) ее вместе с фосфорными и калийными удобрениями вносят также в рядки при посеве сахарной свеклы и овощных культур, в лунки при посадке картофеля.

Аммонийную селитру широко используют и для ранневесенней подкормки озимых культур и многолетних трав. Ее можно применять для подкормки пропашных и овощных культур во время их междурядной обработки с обязательной заделкой удобрений на глубину 10—15 см культиваторами-растениепитателями.

Сульфонитрат аммония (сульфат-нитрат аммония, лейна-селитра, монтан-селитра) — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ с примесью $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Содержит 25—27 % N, в том числе в аммонийной форме 18—19 % и в нитратной форме 7—8 %. Сероватое мелкокристаллическое или гранулированное вещество. Получают путем механического смешивания 65 % сульфата аммония и 35 % нитрата аммония или смешения сухого сульфата аммония в слав нитрата с последующим высушиванием и измельчением смеси (такой продукт получил название лейна-селитра). Другой способ — нейтрализация серной или азотной кислоты аммиаком (такой продукт получил название монтан-селитра).

Сульфат-нитрат аммония хорошо растворяется в воде, обладает меньшей гигроскопичностью по сравнению с аммонийной селитрой. При хранении в сухом помещении не слеживается, сохраняет рассыпчатость.

По действию на растения в условиях различных почв сульфонитрат аммония близок к сульфату аммония. Он обладает значи-

тельной потенциальной кислотностью. При применении его на кислых почвах требуется предварительное их известкование или нейтрализация самого удобрения.

Известково-аммонийная селитра — $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$. Ее получают сплавлением нитрата аммония с известняком. Это удобрение выпускают в виде гранул с различным соотношением $\text{NH}_4\text{NO}_3 : \text{CaCO}_3$ (от 80 : 20 до 53 : 47). Наилучшие физико-механические свойства имеет продукт с содержанием азота 20,5 % (при соотношении 60 % NH_4NO_3 и 40 % CaCO_3). Однако преимущественно производят удобрение с более высоким содержанием азота — 26—28 %. По сравнению с чистой аммонийной селитрой это удобрение менее гигроскопично, невзрывоопасно и может транспортироваться навалом (без тары). За границей известково-аммонийную селитру используют довольно широко, особенно в странах Западной Европы.

Амидные удобрения. К ним относится мочеви́на (карбамид) — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ с содержанием азота не менее 46 %. Это самое концентрированное твердое азотное удобрение. Азот в мочеvine находится в органической форме в виде амида карбаминовой кислоты.

Мочевина — белое или желтоватое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде. Гигроскопичность ее сравнительно небольшая, при хранении кристаллическая мочевина может слеживаться и рассеиваемость ее ухудшается. Гранулируемая мочевина обладает значительно лучшими физическими свойствами, практически не слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость.

Мочевину применяют в качестве основного удобрения на всех почвах под различные сельскохозяйственные культуры. В условиях богарного земледелия по эффективности она равноценна аммонийной селитре, а в орошаемых — сульфату аммония.

Мочевину применяют для ранневесенней подкормки озимых культур с последующей заделкой ее боронованием. При поверхностном внесении мочевины на сенокосах и пастбищах эффективность ее по сравнению с аммонийной селитрой на 15—20 % ниже, что обусловлено потерями азота в форме аммиака.

Мочевину можно применять для некорневой подкормки овощных и плодовых культур, а также для поздних подкормок пшеницы для повышения содержания белка в зерне.

Смешанные формы азотных удобрений. Аммиакаты. Представляют собой растворы аммонийной селитры, мочевины или других азотных удобрений в водном аммиаке светло-желтого цвета. Аммиакаты очень разнообразны как по общему содержанию азота, так и по соотношению его различных форм: свободного аммиака, амидного, нитратного и аммонийного азота.

При применении аммиакатов необходимо соблюдать глубину их заделки (8—10 см) и расстояние между сошниками (не более

20—25 см), так как диффузия аммиака не превышает 10 см. По эффективности аммиакаты равноценны твердым азотным удобрениям.

КАС — водные растворы мочевины и аммонийной селитры, прозрачные или желтоватые жидкости с содержанием азота 28—32 %. Они почти не содержат свободный аммиак и более технологичны при применении.

КАС выпускают различных марок в зависимости от районов их использования, сроков хранения и т. д.

Растворы КАС применяют в качестве основного удобрения, для корневых подкормок пропашных и некорневых — зерновых культур.

Фосфорные удобрения. Подразделяют по степени растворимости в них фосфорных соединений на три группы: водорастворимые; растворимые в слабых кислотах (2%-ной лимонной кислоте) или в щелочном растворе цитрата аммония; растворимые в сильных кислотах.

Удобрения с водорастворимыми формами фосфора — суперфосфат простой и двойной. Фосфор этих удобрений легкодоступен растениям.

Суперфосфат простой. Получают обработкой размолотого апатита серной кислотой. В результате образуется в основном однозамещенный водорастворимый фосфат кальция и безводный сульфат кальция (гипс). В конечном продукте всегда присутствует 5—5,5 % свободной фосфорной кислоты. В суперфосфате простом содержится 14,0—19,0 % P_2O_5 и около 40 % гипса.

Порошковидный суперфосфат светло-серого цвета с характерным запахом фосфорной кислоты, гигроскопичен. При хранении и транспортировке слеживается, быстро теряет сыпучесть и рассеиваемость. Внесенный в почву порошковидный суперфосфат при взаимодействии с почвой быстро подвергается химическому поглощению, т. е. превращению его водорастворимых форм в нерастворимые в воде и менее доступные для растений.

Гранулированный суперфосфат в отличие от порошковидного не комкуется и не слеживается. В результате медленного растворения гранул в почвенной влаге и значительного уменьшения площади контакта частиц удобрения и почвы существенно снижается химическое связывание водорастворимых соединений.

Суперфосфат двойной. Высококонцентрированное фосфорное удобрение, получаемое из апатита или фосфорита обработкой их фосфорной кислотой. Содержит фосфор, как и простой суперфосфат, в виде монокальцийфосфата и небольшого количества свободной фосфорной кислоты. Основное отличие его от простого суперфосфата — отсутствие в нем гипса. Лучший двойной суперфосфат получают из апатита. Он содержит 45—49 % усвояемой

P_2O_5 , не более 2,5 % свободной кислоты, не менее 85 % водорастворимой P_2O_5 . Выпускают двойной суперфосфат в виде гранул светло-серого цвета. Высокая концентрация P_2O_5 в двойном суперфосфате обуславливает значительную экономию при транспортировке и хранении этого удобрения. Фосфор суперфосфата почти полностью закрепляется в месте его внесения и очень слабо передвигается в почве. При внесении суперфосфата до посева в качестве основного удобрения его следует заделывать под плуг, чтобы удобрение находилось в более глубоком постоянно влажном слое почвы, где размещается основная масса деятельных корней растений. Особое значение глубокая заделка суперфосфата имеет в засушливых условиях.

При мелкой заделке суперфосфата основная масса удобрения оказывается в верхнем слое почвы, который быстро высыхает, поэтому фосфор удобрения хуже используется растениями. Поверхностное внесение его в подкормку без заделки малоэффективно.

Закрепление фосфора суперфосфата, особенно гранулированного, в кислых почвах снижается при местном внесении его в рядки или гнезда при посеве, а также при ленточном внесении до посева. Поэтому и эффективность гранулированного суперфосфата на кислых почвах при одинаковых способах внесения как при разбросном внесении до посева, так и при местном — в рядки или лунки при посеве — значительно выше, чем порошковидного.

При рядковом внесении небольшие дозы суперфосфата дают такие же прибавки урожая, как и значительно большие дозы при разбросном допосевном внесении. Это обусловлено снижением химического связывания фосфора вследствие уменьшения площади соприкосновения удобрения с кислой почвой, а также тем, что удобрение размещается вблизи прорастающих семян и обеспечивает питание растений легкодоступным фосфором с самого раннего периода роста.

В рядки при посеве зерновых, зернобобовых культур, льна и сахарной свеклы вносят 10—15 кг P_2O_5 на 1 га в виде суперфосфата; в лунки при посадке картофеля и овощных культур — 15—30; при посеве кукурузы — 4—8 кг P_2O_5 на 1 га.

Коэффициент использования фосфора из суперфосфата в год его внесения при допосевном применении вразброс под вспашку составляет 10—15 %, а при рядковом внесении возрастает в 1,5—2 раза. За 2—3 года коэффициент использования фосфора суперфосфата равен примерно 40 %.

Для получения высокого урожая сельскохозяйственных культур целесообразно сочетать внесение суперфосфата в основном удобрении до посева с внесением небольшой дозы его в рядки или лунки при посеве. При этом создаются хорошие условия питания растений фосфором как в первый период роста за счет рядкового

удобрения, так и в последующие периоды за счет основного удобрения. Однако на почвах с высоким содержанием подвижного фосфора или при внесении больших доз фосфорных удобрений до посева или применение суперфосфата в рядки при посеве может быть неэффективно.

Удобрения со слабокислоторастворимыми (цитратно-растворимыми) формами фосфата. К ним относятся: преципитат, обесфторенный фосфат, томасшлак, мартеновский фосфатшлак.

Преципитат (дикальцийфосфат). Получают осаждением из ортофосфорной кислоты известковым молоком или карбонатом кальция. Это белый или светло-серый порошок, который не слеживается и хорошо раскидывается. В зависимости от исходного сырья он содержит от 25 до 35 % доступного растениям P_2O_5 .

Преципитат можно применять как основное удобрение под различные культуры на всех почвах. Его фосфор меньше, чем фосфор суперфосфата, закрепляется в почве, поэтому преципитат более эффективен на богатых полутораоксидами железа и алюминия кислых почвах и на карбонатных черноземах. На других черноземах преципитат по эффективности близок к суперфосфату.

Обесфторенный фосфат. Получают путем термической обработки фосфатного сырья, сопровождающейся удалением из него фтора в газовую фазу, разрушением кристаллической решетки фторapatита и переходом фосфора в цитратно-растворимые формы.

В полученном продукте в зависимости от исходного сырья содержится от 30—32 % (из апатита) до 20—22 % (из фосфорита) цитратно-растворимой P_2O_5 .

Обесфторенный фосфат обладает хорошими физическими свойствами. При основном внесении в качестве удобрения на дерново-подзолистых и черноземных почвах он по эффективности не уступает суперфосфату.

Томасшлак. Удобрение, получаемое в качестве побочного продукта при переработке жидкого фосфористого чугуна в железо и сталь по способу С. Дж. Томаса (1878); вместе с другими примесями всплывает на поверхность расплавленного металла в виде шлака. Его отделяют и после охлаждения размалывают.

Томасшлак — темный тяжелый порошок, содержит от 7—8 до 16—20 % цитратно-растворимой P_2O_5 . Кроме того, в удобрении много силиката кальция, есть соединения железа, алюминия, ванадия, магния, молибдена и других элементов, в том числе микроэлементов.

Используют томасшлак только как основное удобрение. Он эффективнее на кислых почвах, так как имеет щелочную реакцию.

Мартеновский фосфатшлак. Получают в качестве побочного продукта при выплавке стали из чугуна в мартеновском производ-

стве. Мартеновский шлак более беден фосфором, содержание в нем P_2O_5 от 8 до 12 %. Почти весь фосфор находится в цитратно-растворимой форме. Фосфатшлак содержит двойную соль тетрафосфата кальция и силиката кальция, железо, марганец, магний и другие вещества. Используют его в качестве основного удобрения. Он имеет сильнощелочную реакцию, поэтому больше подходит для кислых почв.

Из-за низкого содержания P_2O_5 фосфатшлак применяют вблизи от места получения.

Удобрения с сильнокислотными формами фосфора. *Фосфоритная мука*. Представляет собой тонко размолотый фосфорит. Ее применяют в качестве удобрения на кислых дерново-подзолистых, серых лесных и торфянистых почвах, на оподзоленных и выщелоченных черноземных почвах, а также на красноземах. В зоне типичных, обыкновенных и южных черноземов действие фосфоритной муки слабее и нестабильно. Фосфоритная мука — самое дешевое удобрение. Приготовить ее весьма просто. Фосфорит освобождают от грубых посторонних примесей (песок, глина и др.), измельчают на куски диаметром около 1—3 см, а затем на специальных мельницах размалывают до тонкой муки. Тонина помола фосфоритной муки имеет существенное значение для ее эффективного применения. Стандартом предусмотрено, чтобы не менее 80 % фосфоритной муки проходило через сито с отверстиями ячеек диаметром 0,17 мм.

Фосфоритная мука — тонкий порошок серого, темно-серого или коричневого цветов. Содержание P_2O_5 в удобрении первого сорта составляет 28—30 %, второго — 22—24 и третьего — 19—21 %. Удобрение негигроскопично, не слеживается, хорошо рассеивается, но сильно пылит.

Фосфор в фосфоритной муке находится в основном в форме трехзамещенного фосфата кальция — $Ca_3(PO_4)_2$. Эти фосфаты нерастворимы в воде, плохо растворимы в слабых кислотах, поэтому слабодоступны для большинства растений.

На эффективность фосфоритной муки влияют происхождение и состав фосфоритов, свойства почвы и др.

Главный среди этих факторов — степень кислотности почвы. Суть процесса взаимодействия фосфоритной муки с почвой состоит в постепенном разложении трикальцийфосфата почвенной кислотностью, его трансформации в дикальцийфосфат — соединение, доступное растениям.

Наибольшее влияние на эффективность фосфоритной муки на слабокислых почвах оказывает тонина ее помола.

Эффективность действия фосфоритной муки зависит и от биологических особенностей растений. К растениям, хорошо усваивающим труднорастворимые фосфаты, относятся люпин, гречиха,

горчица; близко к ним примыкают горох, эспарцет, донник и конопля. Все мятликовые, лен, свекла, картофель, вика могут использовать фосфор из фосфоритной муки только после его взаимодействия с кислыми почвами. Хуже всего усваивают фосфор фосфоритной муки ячмень, яровая пшеница, лен, просо, томат, репа.

Калийные удобрения. Промышленные калийные удобрения подразделяют на сырые и концентрированные.

Сырые калийные удобрения. Получают размолом природных калийных солей. Характеризуются низким содержанием калия и большим количеством примесей, что значительно увеличивает расходы на транспортировку и внесение. Поэтому применять сырые калийные соли целесообразно лишь вблизи месторождений калийных руд.

Сильвинит — $n\text{KCl} \cdot m\text{NaCl}$. Содержит 12—15 % K_2O и 35—40 % Na_2O . Выпускается в грубом помоле (размер кристаллов 1—5 мм и более). Представляет смесь крупных кристаллов белого, розоватого, бурого и синего цветов. Обладает незначительной гигроскопичностью, но при хранении во влажном состоянии отсыревает, а при подсушивании слеживается.

Сильвинит целесообразно применять только в качестве основного удобрения и вносить с осени под зяблевую вспашку. При этом значительная часть хлора вымывается в нижние слои почвы, а калий поглощается почвой.

Содержание большого количества натрия (Na_2O) в сильвините (2,5 кг на 1 кг K_2O) полезно для свеклы, кормовых и столовых корнеплодов, некоторых других кормовых культур.

Каинит — $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с примесью NaCl . Содержит 10 % K_2O , 6—7 % MgO , 32—35 % Cl , 22—25 % Na_2O , 15—17 % SO_4 . Это крупные кристаллы розовато-бурого цвета. Влажность не более 5 %. Не слеживается, транспортируют навалом (насыпью).

Концентрированные калийные удобрения. *Хлористый калий, хлорид калия* — KCl . Это основное высококонцентрированное водорастворимое удобрение с содержанием K_2O от 57 до 60 %. Его получают из сильвинитовой руды. Негранулированный хлористый калий представляет собой мелкие кристаллы серовато-белого цвета или их смесь с зернами различных оттенков красно-бурого цвета. Гранулированный хлористый калий имеет красновато-бурый цвет различных оттенков (до розового).

Мелкий хлористый калий используют для производства комплексных удобрений, а гранулированный — пригоден для сухого смешивания в производстве смешанных и сложносмешанных комплексных удобрений.

Калийная соль — $\text{KCl} + (n\text{KCl} + m\text{NaCl})$. Содержит около 40 % K_2O , 20 % Na_2O и 50 % Cl . Получают путем механического смешива-

ния хлорида калия с сырыми калийными солями — сильвинитом, а иногда и каинитом. Это смесь серых, белых и красноватых кристаллов мелкого и среднего размеров. Хорошее удобрение для культур, отзывчивых на натрий (сахарная свекла, кормовые и столовые корнеплоды, а также томат, капуста, брюква, мятликовые травы). Для культур, чувствительных к хлору, это удобрение менее пригодно, чем хлорид калия.

Смесь хлористого калия и каинита дает 30%-ную калийную соль. Это удобрение ценно для культур, потребляющих много магния, на песчаных и супесчаных почвах (бедных магнием).

Сульфат калия — K_2SO_4 . Это высококонцентрированное бесхлорное удобрение. Содержит 46—50 % K_2O . Мелкокристаллический порошок белого цвета с желтым оттенком, влажность 1,2 %. Не слеживается, транспортируется в мешках или насыпью (без тары). Получают в процессе комплексной переработки полиминеральных калийных руд (лангбейнита, шенита) конверсией (обменным разложением) хлоридов калия, а также как побочный продукт ряда химических производств.

По сравнению с хлорсодержащими калийными удобрениями K_2SO_4 широко используют в овощеводстве, особенно в защищенном грунте. Однако себестоимость сульфата калия гораздо выше, чем других калийных удобрений.

Калимагнезия, сульфат калия-магния — $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$. Содержит 29 % K_2O и 9 % MgO . Получают путем перекристаллизации из природных сульфатных солей, в основном из шенита. Белый, сильно пылящий порошок с сероватым или розоватым оттенком, либо серовато-розовые гранулы неправильной формы. Не слеживается, транспортируется в мешках или насыпью. Используют в первую очередь под культуры, чувствительные к хлору, или на легких почвах.

Калимаг, калийно-магнезиальный концентрат — $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. Получают из сульфатных калий-магниесодержащих минералов путем их обогащения. Содержит 18—20 % K_2O и 8—9 % MgO . Выпускается в виде серых гранул. Не слеживается, транспортируется насыпью. По эффективности приближается к калимагнезии.

Хлоркалий электролит — KCl с примесями $NaCl$ и $MgCl_2$. Это побочный продукт при производстве магния из карналлита. Содержит 34—42 % K_2O , по 5 MgO и Na_2O и до 50 % Cl . Сильно пылящий мелкокристаллический порошок с желтоватым оттенком. Не слеживается, транспортируется в бумажных мешках или насыпью. По эффективности приближается к хлористому калию; на бедных магнием почвах более эффективен, чем KCl .

Цементная пыль. Отход производства цемента, бесхлорное калийное удобрение. Содержит от 10—15 до 35 % K_2O . Калий находится в виде карбонатов, бикарбонатов, сульфатов и в небольшом

количестве силикатов. Имеются также гипс, оксид кальция, полтораоксида и некоторые микроэлементы. Калийные соли цементной пыли растворимы в воде и доступны растениям. Применяют в качестве основного удобрения в первую очередь на кислых почвах и под хлорофобные культуры.

Печная зола. Местное калийно-фосфорно-известковое удобрение. Калий содержится в золе в виде поташа (K_2CO_3). Содержание K_2O в золе существенно колеблется в зависимости от источника топлива. Например, зола лиственных пород содержит 10—14 % K_2O , 7 P_2O_5 , 36 % CaO ; зола хвойных пород — 3—7 % K_2O , 2—2,5 P_2O_5 и 25—30 % CaO . Молодые деревья при сжигании дают больше золы, в которой содержание питательных элементов выше. Печная зола — достаточно эффективное удобрение для всех культур (особенно для хлорофобных) и на всех типах почв (в первую очередь на кислых).

Калийные удобрения хорошо растворимы в воде. При внесении в почву они растворяются в почвенном растворе, затем вступают во взаимодействие с почвенным поглощающим комплексом до обменного (физико-химического), и частично необменного поглощения.

В результате перехода калия в обменно-поглощенное состояние ограничивается его подвижность в почве и предотвращается вымывание за пределы пахотного слоя за исключением легких почв с низкой емкостью поглощения. Обменно-поглощенный почвой калий удобрений хорошо доступен растениям.

Вторичные процессы взаимодействия почвенного раствора с почвенным поглощающим комплексом постепенно вытесняют из него катионы калия. Активное участие в таком обмене принимает и корневая система растений благодаря корневым выделениям.

Катионы калия, обменно поглощаясь почвой, вытесняют из ППК эквивалентное количество других катионов: кальция, магния, аммония, водорода, алюминия и т. д. в зависимости от типа почвы и состава поглощенных катионов. На слабокислых и нейтральных почвах с высокими емкостью поглощения и буферностью этот процесс мало отражается на реакции почвенного раствора, а следовательно, и на условиях роста растений.

На кислых и сильнокислых почвах (в особенности легкого гранулометрического состава), имеющих в составе ППК обменный водород и алюминий, при внесении калийных удобрений происходит подкисление почвенного раствора. Поэтому на таких почвах эффективность калийных удобрений снижается. Кроме того, дополнительное подкисление почвенного раствора происходит за счет проявления физиологической кислотности калийных солей. Однако физиологическая кислотность у калийных удобрений значительно меньше, чем у аммонийных, и проявляется она, как пра-

вило, только при длительном удобрении под калиелюбивые культуры, потребляющие большое количество калия.

Необменный (фиксированный) калий обладает значительно меньшей подвижностью, чем обменно-поглощенный. Переход его в раствор и доступность растениям значительно затруднены.

Размер необменного поглощенного калия зависит от дозы вносимого удобрения. Абсолютное количество фиксированного калия при увеличении дозы калийных удобрений резко возрастает, хотя в процентном отношении к внесенной дозе наблюдается понижение фиксации.

Применение калийных удобрений эффективнее на песчаных, супесчаных дерново-подзолистых, торфяно-болотных и пойменных почвах, а также на красноземах. На урожай растений калийные удобрения положительно влияют и в зоне достаточного увлажнения на суглинистых дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах (при низкой и средней обеспеченности их калием).

Почвы степных и сухостепных районов, как правило, хорошо снабжены калием, а условия влагообеспеченности здесь весьма изменчивы. Поэтому на типичных, обыкновенных, южных черноземах, каштановых почвах и сероземах действие калийных удобрений в большинстве случаев слабое или не проявляется. Применение калийных удобрений оправдано в этих условиях только под калиелюбивые культуры — сахарную свеклу, подсолнечник, овощные, а также на каштановых почвах и сероземах при орошении.

На солонцах, обычно богатых калием, калийные удобрения не применяют, так как они усиливают солонцеватость этих почв и не дают ожидаемого эффекта.

В ассортименте калийных удобрений преобладают хлорсодержащие формы. На почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава такие удобрения в полной дозе (за исключением небольшой дозы в рядки под некоторые культуры) целесообразно вносить под зяблевую обработку. При этом удобрения размещают в более влажном слое почвы, где развивается основная масса корней, и они лучше усваиваются растениями, а хлор вымывается осенне-весенними осадками из пахотного слоя и не оказывает отрицательного действия на хлорофобные культуры. Только на легких, а также на торфяно-болотных и пойменных почвах калийные удобрения вносят весной. Под пропашные и овощные культуры в таких случаях часть общей дозы калия целесообразно дать в подкормку.

В севообороте калийные удобрения вносят в первую очередь под калиелюбивые культуры, которые дают при этом более заметные прибавки урожая.

Микроудобрения. Микроэлементы необходимы растениям в очень небольших количествах, их содержание составляет тысячные и десятитысячные доли процента массы растений. Однако каждый из них выполняет строго определенные функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменен другим элементом.

При выращивании сельскохозяйственных культур на почвах с недостаточным, а в некоторых биогеохимических провинциях с избыточным содержанием доступных форм микроэлементов урожай снижается и качество продукции ухудшается. Недостаток или избыток отдельных микроэлементов в растениеводческой продукции и кормах может вызывать заболевания человека и сельскохозяйственных животных.

Положительное действие микроэлементов обусловлено тем, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обмене, повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды. Под влиянием микроэлементов в листьях возрастает содержание хлорофилла, улучшается фотосинтез, увеличивается ассимилирующая деятельность всего растения. Многие микроэлементы входят в активные центры ферментов и витаминов.

Микроэлементы способны образовывать комплексы с нуклеиновыми кислотами, влиять на физические свойства, структуру и физиологические функции рибосом, а также на проницаемость клеточных мембран и поступление элементов питания в растение.

Борные удобрения. Основные формы борных удобрений — боросуперфосфат (простой с содержанием водорастворимого бора 0,2 % и двойной с 0,4 % бора), бормагниевые удобрения (не менее 2,3 % бора), борная кислота (17,3 % бора) и ее натриевая соль — бура (11 % бора).

Необходимость внесения борных удобрений проявляется прежде всего на дерново-глеевых и темноцветных заболоченных почвах, а также на известкованных дерново-подзолистых и насыщенных основаниями почвах. Низкое содержание бора, как и других микроэлементов, отмечено у песчаных и супесчаных почв. К недостатку бора особенно чувствительны подсолнечник, люцерна, кормовые корнеплоды, лен, рис, кормовая капуста, овощные культуры, сахарная свекла.

Боросуперфосфат. Содержит 0,2 % В, применяют под сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, зерновые бобовые, гречиху, подсолнечник, огурец, овощи, плодово-ягодные культуры. При основном внесении используют дозу 200—300 кг/га, а в рядки при посеве — 100—150 кг/га. Под лен, огурец, овощи, плодово-ягодные культуры вносят 150 кг/га, под лен еще и в рядки — 50 кг/га.

Бормагниевое удобрение содержит 2,2 % В. Применяют под сахарную свеклу, кормовые корнеплоды, зерновые бобовые, гре-

чиху и лен, в почву в смеси с другими удобрениями вносят в дозе 20 кг/га.

Борная кислота. Содержит 17 % В. Используется для некорневых подкормок в дозе 500—600 г/га под семенники многолетних трав и овощных культур, для плодово-ягодных — 700—800 г/га и предпосевной обработки семян различных сельскохозяйственных растений — в дозе 100 г борной кислоты на 100 кг семян.

Медные удобрения. В качестве медных удобрений применяют главным образом пиритные огарки (отходы сернокислой промышленности) с содержанием 0,2—0,3 % меди и медный купорос (сульфат меди) — 23—25 % меди. Пиритные огарки вносят один раз в 4—5 лет в дозе 500—600 кг/га с осени под зяблевую обработку или весной под культивацию. Медный купорос можно применять для некорневой подкормки по 200—300 г/га посева. Кроме того, обрабатывают семена из расчета 50—100 г сульфата меди на 100 кг.

Особенно бедны медью вновь освоенные низинные торфяники и заболоченные почвы с нейтральной или щелочной реакцией среды, а также дерново-глеевые почвы. Применение медных удобрений на этих почвах — непременное условие получения высоких урожаев. Хорошо отзываются на медь зерновые, лен, конопля, сахарная свекла, подсолнечник, горчица, горох, тимофеевка, менее отзывчивы кормовая и столовая свекла, турнепс, морковь. Медные удобрения положительно влияют и на качество продукции. Наиболее устойчивы к недостатку меди картофель, капуста и рожь.

Марганцевые удобрения. К ним относятся: сульфат марганца (21—22 % марганца), марганизированный гранулированный суперфосфат (1—2 % марганца) и отходы марганцеворудной промышленности — марганцевые шламы (9—15 % марганца в труднорастворимой форме).

Марганцевые удобрения следует вносить в первую очередь на серых лесных почвах, слабовыщелоченных черноземах, солонцеватых и каштановых почвах под овес, пшеницу, кормовые корнеплоды, картофель, сахарную свеклу, кукурузу, люцерну, подсолнечник, плодово-ягодные, цитрусовые и овощные культуры.

Марганцевые шламы можно вносить до посева под основную обработку почвы (300—400 кг/га) или в почву при подкормках пропашных культур (50—100 кг/га). Марганизированный суперфосфат используют в основном для припосевного внесения в рядки. Сульфат марганца — растворимая соль, ее применяют для предпосевной обработки (намачивания или опудривания) семян (50—100 г/ц семян) и для некорневой подкормки (0,05%-ный раствор соли при норме расхода 400—500 л/га). Для опрыскивания плодовых и ягодных культур используют 600—1000 г/га сульфата марганца.

Молибденовые удобрения. Ассортимент этих удобрений достаточно широк, однако применяют в основном молибдат аммония (содержащий 52 % молибдена), молибденизированный суперфосфат простой и двойной (соответственно 0,1 и 0,2 % молибдена) и отходы электроламповой промышленности (0,3—0,4 % молибдена в водорастворимой форме).

Применение молибдена наиболее эффективно под зерновые бобовые и овощные культуры, многолетние и однолетние бобовые травы, на лугах и пастбищах с бобовым компонентом в травостое на кислых дерново-подзолистых, серых лесных почвах и выщелоченных черноземах. Подвижных форм молибдена на кислых почвах очень мало, так как при кислой реакции он недоступен для растений. При известковании кислых почв увеличиваются подвижность молибдена в почве и его доступность для растений, уменьшается или полностью устраняется потребность в молибденовых удобрениях.

Наиболее эффективна и экономически выгодна предпосевная обработка семян молибденовыми удобрениями. Для обработки 100 кг крупных семян расход молибдата аммония или молибдата аммония-натрия составляет 25—50 кг, а для 100 кг семян клевера или люцерны — 500—800 г. Некорневые подкормки проводят из расчета 200 г молибдата аммония на 1 га посева, для долголетних культурных пастбищ — 200—600 г на 1 га посева.

Перспективной формой удобрений является молибденизированный суперфосфат, предназначенный для внесения в рядки в дозе 50 кг/га (или 50—100 г/га молибдена).

Цинковые удобрения. К ним относятся отходы промышленности: сульфат цинка (сернокислый цинк, содержащий 22 % цинка) и полимикродобрения (ПМУ-7) — отходы, получаемые на заводах при изготовлении цинковых белил. Они содержат 19,6 % оксида цинка, 17,4 силикатного цинка, 21,1 % оксида алюминия, а также небольшое количество алюминия, меди и марганца.

Недостаток цинка проявляется чаще всего у плодовых и цитрусовых культур на карбонатных почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией. Среди полевых культур к недостатку цинка более чувствительны кукуруза, фасоль, соя, картофель и некоторые овощные растения. Валовое содержание цинка в почвах колеблется от 25 до 65 мг/кг почвы. Более подвижен и доступен растениям цинк в кислых почвах. Бедны им карбонатные почвы, особенно зафосфаченные, из-за систематического применения высоких доз фосфорных удобрений. На этих почвах потребность в цинковых удобрениях возникает чаще.

Цинковые удобрения следует применять, когда содержание цинка в подвижной форме в почвах Нечерноземной зоны менее

0,2—1,0 мг/кг, в Центрально-Черноземной зоне — менее 0,3—2,0 мг/кг почвы.

Под кукурузу вносят полимикродобрения (ПМУ-7) в дозе 20 кг/га в почву при посеве в рядки. При некорневых подкормках используют сульфат цинка (150—200 г/га посевов). Подкормку проводят для большинства культур в фазе бутонизации — начала цветения растений; плодовые деревья опрыскивают весной по распустившимся листьям (200—500 г сульфата цинка на 100 л воды с добавлением 0,2—0,5 % гашеной извести для нейтрализации кислотности раствора соли, чтобы избежать ожога листьев). Для опрыскивания 100 кг семян 50—100 г сульфата цинка растворяют в 4 л воды. Для опудривания семян кукурузы на 100 кг семян расходуют 100 г ПМУ-7.

Применение цинка актуально на карбонатных черноземах, каштановых, бурых почвах, сероземах. Эффективность цинковых удобрений проявляется на сахарной свекле, кукурузе и особенно на плодовых культурах.

Более высокая эффективность применения микроудобрений проявляется при обеспеченности растений макроэлементами. При внесении микроэлементов повышается действие азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также улучшается использование питательных элементов из почвы.

Применение микроэлементов в сочетании с макроэлементами допустимо в условиях абсолютного недостатка питательных веществ при возделывании растений на малопригодных песчаных и супесчаных почвах, в защищенном грунте, на инертных малобуферных средах, в садоводстве и декоративном цветоводстве.

Избыточное применение микроудобрений может привести к накоплению микроэлементов в почве и растениеводческой продукции в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). Поэтому экономически и экологически безопасными способами применения микроудобрений являются предпосевная обработка семян, некорневые подкормки и рядковое внесение макроудобрений, содержащих микроэлементы.

Комплексные удобрения. К ним относятся удобрения, содержащие два или более элементов питания: азот, фосфор, калий, магний, сера и микроэлементы.

По способу производства эти удобрения подразделяют на сложные, сложносмешанные (комбинированные) и смешанные, а по агрегатному состоянию — на твердые и жидкие.

Сложные удобрения. Содержат два или три питательных элемента в составе одного химического соединения. К ним относятся: аммофос, диаммофос, фосфоаммомагnezия, полифосфаты аммония, калийная селитра, метафосфат калия.

Аммофос — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (однозамещенный фосфат аммония). Содержит 11–12 % N и 46–60 % P_2O_5 . В нем нет балласта. Получают путем нейтрализации аммиака фосфорной кислотой. Недостаток этого удобрения — слишком широкое соотношение между азотом и фосфором, равное 1 : 4 и даже 1 : 5. Это ограничивает возможность его применения, так как отношение азота к фосфору в удобрении должно быть близким к единице и менее, поскольку большинству растений требуется больше азота, чем фосфора.

Диаммофос — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (двузамещенный фосфат аммония). Производство основано на насыщении аммиаком фосфорной кислоты. В нем содержится 18 % и более азота и около 50 % P_2O_5 . Соотношение между азотом и фосфором равно приблизительно 1 : 2,5. Суммарное содержание азота и фосфора в диаммофосе составляет около 70 %. Это самое концентрированное из всех сложных удобрений.

Фосфаты аммония удобны для локального применения в качестве припосевного или припосадочного удобрения всех культур. Они не содержат сколько-нибудь заметных количеств балласта, не создают высокой концентрации раствора и не повышают существенно его осмотическое давление.

Фосфоаммомагnezия — $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (магний-аммоний-фосфат). Слаборастворимое сложное удобрение, содержащее 10,9 % N, 45,7 P_2O_5 и 25,9 % MgO. Нитрификация аммония этого удобрения в почвенных условиях протекает так же быстро, как и других аммонийных удобрений. Пригодно для основного внесения, в первую очередь на песчаных почвах, где возможны существенные потери азота из растворимых удобрений и на которых ощущается дефицит магния, а также в теплицах при выращивании овощей на гидропонике.

Полифосфаты аммония. Их получают аммонизацией полифосфорных кислот аммиаком. К ним относятся: диаммоний пиррофосфат (содержит N — 13 %, P_2O_5 — 66,9 %), триаммоний пиррофосфат (N — 18,3 %, P_2O_5 — 62,0 %), тетрааммоний пиррофосфат (N — 22,7 %, P_2O_5 — 57,7 %), пентааммоний триполифосфат дигидрат (N — 18,4 %, P_2O_5 — 52,2 %). Наиболее ценными из них являются триаммоний и тетрааммоний пиррофосфат, которые характеризуются высокой общей концентрацией азота и фосфора и более приемлемым их соотношением. Эти удобрения используют в твердом виде или вводят в качестве основного компонента в состав жидких и суспензированных удобрений благодаря хорошей растворимости под все культуры.

Калийная селитра — KNO_3 (нитрат калия). Содержит около 13 % азота и 46 % калия. Благодаря отличным физическим свойствам пригодна как для приготовления смешанных удобрений, так и для непосредственного внесения в почву. Не содержит хлор и

поэтому дает хороший эффект при внесении под картофель, виноград и другие культуры, чувствительные к этому элементу. Применение калийной селитры перспективно в овощеводстве защищенного грунта.

Недостаток калийной селитры — широкое соотношение между азотом и калием (1 : 3,5), поэтому при ее использовании требуется дополнительное внесение азотных удобрений.

Метафосфат калия — KPO_3 . Содержит до 60 % P_2O_5 и до 40 % K_2O . Высококонцентрированное сложное удобрение, нерастворимое в воде. Поэтому элементы питания не выщелачиваются из почвы, но, гидролизуясь, постепенно переходят в доступное для растений состояние. Удобрение целесообразно применять под культуры, отрицательно реагирующие на хлор.

Сложносмешанные (комбинированные) удобрения. Их получают путем обработки смесей готовых порошкообразных удобрений аммиаком, аммиакатами и кислотами (фосфорной, полифосфорной, азотной и серной). При механическом смешивании этих компонентов происходит их химическое взаимодействие.

К сложносмешанным удобрениям относятся: нитрофосы и нитрофоски, нитроаммофосы и нитроаммофоски, карбоаммофосы и карбоаммофоски, фосфаты мочевины.

Нитрофосы. Содержат 20—24 % азота и 12—17 % фосфора, при этом весь азот и половина фосфора находятся в водорастворимой форме.

Нитрофоски. Тройные удобрения, получаемые при добавлении хлорида калия к нитрофосам. В них азот и калий содержатся в форме легкорастворимых соединений, а фосфор — в виде дикальцийфосфата, нерастворимого в воде, но доступного для растений, и частично в форме водорастворимого фосфата аммония и монокальцийфосфата. В зависимости от технологической схемы получения удобрения содержание в нитрофосках водорастворимого и нитраторастворимого фосфора может изменяться.

Содержание питательных элементов в нитрофосках может колебаться от 35 до 50 %, в том числе N — 10—17 %, P_2O_5 — 8—30 и K_2O — 12—20 %.

В нашей стране выпускают гранулированные нитрофоски с содержанием питательных элементов (N—P—K): 16—16—16, 12—12—12 и 11—11—11 и водорастворимого фосфора не менее 55 %.

Нитрофоску вносят в качестве основного удобрения до посева, в рядки или лунки при посеве, а также в подкормки. Эффективность ее практически такая же, как и эквивалентных количеств смеси простых удобрений.

Нитрофосы и нитрофоски имеют определенное соотношение между азотом, фосфором и калием, а так как разные почвы разли-

чаются по содержанию отдельных питательных элементов и потребности в них растений, то при внесении нитрофосок часто возникает необходимость в дополнительном внесении того или иного недостающего элемента в виде простых удобрений.

Нитроаммофосы и нитроаммофоски. Получают при нейтрализации аммиаком смеси азотных и фосфорных кислот. Удобрение, производимое на основе моноаммонийфосфата, называют *нитроаммофосом*; при введении калия — *нитроаммофоской*. Эти комплексные удобрения характеризуются высоким содержанием питательных элементов и широким соотношением $N : P_2O_5 : K_2O$ в их составе. Нитроаммофосы могут выпускаться с содержанием N 10—30 % и P_2O_5 27—14 %. В нитроаммофосках (НРК-удобрения) общее содержание питательных веществ составляет 51 % (в марках А 17—17—17 и Б 13—19—19). Питательные элементы, не только весь азот и калий, но и фосфор (около 90 %), содержатся в водорастворимой форме и легкодоступны растениям.

Карбоаммофосы и карбоаммофоски. Карбоаммофосы содержат азот в амидной и аммиачной формах, фосфор находится в водорастворимой форме, их производство основано на способности мочевины образовывать комплексные удобрения с фосфорной кислотой или аммо- и диааммофосом. Удобрения могут содержать 24—48 % N и 48—18 % P_2O_5 .

Карбоаммофоски — тройное комбинированное удобрение, для получения которого вводят хлорид калия. Суммарное содержание питательных элементов в карбоаммофосках — до 60 %. Карбоаммофоски выпускают со следующим соотношением $N : P : K$ — 1 : 1 : 1; 1,5 : 1 : 1; 2 : 1 : 1 и 1 : 1,5 : 1.

Фосфаты мочевины. Получают при взаимодействии термической фосфорной кислоты и синтетической мочевины. Производство основано на способности последней образовывать комплексы с фосфорной кислотой: $(CONH_2)_2 \cdot (NH_4)_2 HPO_4$ (содержит по 27 % N и P_2O_5). Хорошо растворимы и применяются всеми способами.

Можно дополнительно вводить аммиак и добавлять хлорид калия. Удобрение содержит до 36 % N , 48 % P_2O_5 , или по 24 % N и P_2O_5 .

Сложносмешанные гранулированные удобрения. Получают смешиванием простых и сложных порошковидных удобрений (аммофоса, простого или двойного суперфосфата, аммиачной селитры или мочевины, хлористого калия) в барабанном грануляторе с добавлением аммиака для нейтрализации свободной кислоты суперфосфата и фосфорной кислоты (или аммофоса) для обогащения смеси фосфором. Выпускаемые промышленные сложносмешанные гранулированные удобрения имеют различное соотношение питательных элементов при общем содержании их от 25 до 60 %.

Освоен выпуск новых высококонцентрированных комплексных удобрений: азофоски с различными добавками (в том числе серосодержащими), диаммофоски, нитродиамофоски и аммофосфата.

В состав комплексных твердых и жидких удобрений в процессе их производства могут быть введены другие макро- и микроэлементы, а также пестициды и некоторые органические материалы.

Растворин (кристаллин). Для тепличного овощеводства производят три марки раствора — комплексного, полностью растворимого в воде удобрения: марки А (N — 10 %, P₂O₅ — 5, K₂O — 20, MgO — 6 %); марки Б (N — 18 %, P₂O₅ — 6, K₂O — 18 %); марки В (соответственно 20; 16; 10 %).

Смешанные удобрения. Представляют собой механическую смесь удобрений, содержащую два и более питательных элемента. Сухое смешивание удобрений — наиболее доступный, простой и экономичный метод получения комплексных удобрений.

По своим агрохимическим качествам смешанные удобрения практически не отличаются от сложных. Преимуществом их является возможность выпуска очень широкого ассортимента удобрений с любыми соотношениями питательных элементов, удовлетворяющих разнообразные требования сельского хозяйства.

В зависимости от вида смешанных удобрений общее содержание питательных веществ в тукосмесях может изменяться от 25—30 % (при использовании простого суперфосфата, сульфата аммония или аммонийной селитры) до 40 % и больше (в смесях на основе более концентрированных удобрений).

Смешивание удобрений проводят на химических предприятиях по производству минеральных удобрений, на крупных механизированных складах агрохимической службы, непосредственно на сельскохозяйственных предприятиях при помощи стационарных или передвижных тукосмесительных установок.

Приготовленные смеси минеральных удобрений должны обладать хорошими физико-механическими свойствами: не слеживаться, не расслаиваться при транспортировке и внесении. Такие физические свойства и рассеиваемость смесей получают при смешивании гранулированных удобрений, особенно с близкими размерами гранул.

Согласно агротехническим требованиям к тукосмешению исходные компоненты должны иметь влажность не выше (%): аммиачная селитра — 0,3; мочевины — 0,2; суперфосфат — 4; аммофос — 1; гранулированный хлористый калий — 1,2; свободная кислотность суперфосфатов должна быть не более 1 % (в пересчете на P₂O₅). Среднее отклонение от заданного соотношения элементов питания в тукосмеси не может превышать ±10 %. Дозирова-

ющее устройство должно обеспечивать подачу каждого компонента с отклонением не более 3 % от заданного количества.

Приготавливают тукосмеси с учетом потребности отдельных культур в определенном соотношении питательных элементов ($N : P_2O_5 : K_2O$), а также свойств почвы и способов внесения удобрений (основное, припосевное, подкормка). Для приготовления тукосмесей с высоким общим содержанием питательных веществ и хорошими физическими свойствами необходимо использовать в первую очередь мочевины или аммиачную селитру, суперфосфат двойной и аммонизированный или аммофос, гранулированный хлористый калий.

Механизированное приготовление и внесение тукосмесей дают больший экономический эффект по сравнению с отдельным применением односторонних удобрений.

Приготовленные смеси удобрений используют непосредственно после смешивания или после заблаговременного приготовления с последующим хранением. Поэтому удобрения при сухом смешивании должны сохранять сыпучесть, неслеживаемость и гранулометрический состав в процессе транспортировки и при хранении насыпью в течение 6 мес.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ). Представляют собой водные растворы или суспензии, содержащие соединения азота и фосфора или азота, фосфора и калия (полные ЖКУ), иногда с добавками микроудобрений, пестицидов и стимуляторов роста растений. По сравнению с твердыми удобрениями преимуществами комплексных жидких удобрений являются простота производства, большая доступность питательных элементов для растений и меньшие эксплуатационные затраты. В ЖКУ можно в широких пределах регулировать соотношение питательных элементов. Преимуществами ЖКУ перед жидкими азотными удобрениями являются отсутствие в них свободного аммиака, а также то, что при их применении исключаются дополнительные трудовые затраты на внесение в почву твердых фосфорных и калийных удобрений.

ЖКУ получают при нейтрализации орто- и полифосфорной кислот аммиаком с добавлением азотсодержащих растворов (мочевины, аммиачной селитры) и хлорида или сульфата калия, а в отдельных случаях и солей микроэлементов. При насыщении ортофосфорной кислоты аммиаком образуются аммофос и диаммофос.

Общее содержание питательных элементов в ЖКУ на основе ортофосфорной кислоты сравнительно невысокое (24—30 %), так как в более концентрированных растворах при низких температурах происходят кристаллизация солей и выпадение их в осадок. Соотношение азота, фосфора и калия в ЖКУ может быть

различным. Содержание N составляет 5—10 %, P_2O_5 — 5—14 и K_2O — 6—10 %. В нашей стране выпускают ЖКУ с соотношением питательных веществ в основном 9 : 9 : 9, а также 7 : 14 : 7; 6 : 18 : 6; 8 : 24 : 0 и др.

На основе полифосфорной кислоты получают ЖКУ с более высоким общим содержанием питательных элементов (более 40 %), в частности удобрения состава 10 : 34 : 0 и 11 : 37 : 0, образуемые при насыщении суперфосфорной кислоты аммиаком. Эти «базисные» удобрения используют для получения тройных ЖКУ различного состава, добавляя к ним растворы мочевины и аммиачной селитры и хлористый калий.

Для повышения концентрации питательных элементов в ЖКУ к ним добавляют 2—3 % коллоидной глины или торфа. Эти удобрения называют *суспендированными*. Базисное суспендированное удобрение имеет состав 12 : 40 : 0, на его основе можно готовить тройные ЖКУ различных составов (15 : 15 : 15; 10 : 30 : 10; 9 : 27 : 13 и др.). Коллоидная глина или торф удерживают соли от выпадения в осадок.

ЖКУ по эффективности не уступают смеси твердых однофазных туков и комплексным удобрениям типа нитроаммофоски. Их применение особенно эффективно на карбонатных почвах. Для перевозки, хранения и внесения ЖКУ необходимо специальное оборудование. Вносить их можно теми же способами, что и твердые: сплошным распределением по поверхности почвы под вспашку и культивацию, локально внутривспашечно в основное удобрение, а также в подкормки — при междурядной обработке пропашных или поверхностно в посевах многолетних трав. ЖКУ содержат все питательные элементы в водорастворимой легкодоступной для растений форме.

3.4. ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

Органические удобрения — это разной степени разложения органические соединения растительного, животного и промышленно-бытового происхождения, содержащие элементы питания растений. Количественный и качественный состав органических удобрений зависит от их происхождения, условий накопления и хранения. Эти удобрения содержат обычно много влаги. Они, как правило, малотранспортабельны, их применяют на местах (или вблизи) получения и поэтому называют *местными*.

Органические удобрения — важный источник элементов питания для растений и средство пополнения запасов гумуса в почве. Все органические удобрения при их минерализации поставляют для растений дополнительно диоксид углерода, т. е. улучшают не только корневое, но и воздушное питание растений.

К органическим удобрениям относятся: навоз, навозная жижа, торф, птичий помет, компосты, фекалии, сапрпель, сидераты, хозяйственно-бытовые отходы.

Подстилочный навоз. Состоит из твердых и жидких выделений животных и подстилки. Его состав и удобрительная ценность зависят от вида животного, состава кормов, качества и количества подстилки и способа хранения.

Состав свежего навоза различных видов скота, полученный с использованием соломенной и торфяной подстилки, представлен в таблице 23.

23. Состав свежего навоза (%) в зависимости от вида животного и подстилки

Составные части навоза	На соломенной подстилке					На торфяной подстилке	
	смешанный	крупного рогатого скота	лошадей	овец	свиней	крупного рогатого скота	лошадей
Вода	75,0	77,3	71,3	64,6	72,4	77,5	67,0
Органическое вещество	21,0	20,3	25,4	31,8	25,0	—	—
Азот:							
общий	0,5	0,45	0,58	0,83	0,45	0,60	0,80
аммонийный	0,15	0,14	0,19	—	0,20	0,18	0,28
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,25	0,23	0,28	0,23	0,19	0,22	0,25
Калий (K ₂ O)	0,60	0,50	0,63	0,67	0,60	0,48	0,53
Кальций (CaO)	0,35	0,40	0,21	0,33	0,18	0,45	0,44
Магний (MgO)	0,15	0,11	0,14	0,18	0,09	—	—

Количество получаемого в хозяйстве навоза зависит от вида животного, общего поголовья скота, продолжительности стойлового периода, наличия кормов и вида подстилки, возрастного состава животных (табл. 24).

24. Примерное количество навоза (т), получаемого в год от одного животного при содержании на соломенной подстилке

Вид скота	Продолжительность стойлового периода, дни			
	240—220	220—200	200—180	менее 180
Крупный рогатый скот	9—10	8—9	6—8	4—5
Лошади	7—8	5—6	4—4,5	2,5—3,0
Свиньи	2,25	1,75	1,5	1,0
Овцы	1,0	0,9	0,6—0,8	0,4—0,5

Выход навоза (кг) можно подсчитать по формуле

$$H = \left(\frac{K}{2} + П \right) \cdot 4,$$

где $\frac{K}{2}$ — половина сухого вещества кормов, переходящая в навоз; $П$ — сухая

масса подстилки; 4 — коэффициент, показывающий, что содержание воды в навозе в 4 раза больше, чем в сухом веществе кормов и подстилки.

Существуют и другие способы расчета выхода навоза. Например, количество навоза определяют умножением массы всего стада на коэффициент 25.

Количество навоза изменяется в зависимости от способов и длительности хранения. При рыхлой укладке навоз через 3—4 мес теряет 33—50 % сухого вещества, а при плотной — только до 10 %. Плотность навоза зависит от способа укладки и степени разложения: без уплотнения свежая масса 1 м³ равна 300—400 кг, в уплотненном состоянии — 700, полуперепревшего навоза — 800 и сильно разложившегося — 900 кг.

По степени разложения различают: свежий, полуперепревший, перепревший навоз и перегной.

Свежий навоз — слаборазложившаяся масса, солома в которой еще сохраняет первоначальные цвет и прочность.

Полуперепревший навоз теряет по сравнению со свежим 10—30 % (в среднем 25 %) первоначальной массы и органического вещества. Солома в нем приобретает темно-коричневый цвет, теряет прочность и легко разрывается.

Перепревший навоз — однородная темная масса, содержащая 50 % исходной массы и органического вещества, в которой не заметны даже отдельные элементы подстилочного материала.

Перегной — рыхлая землистая темная однородная масса, содержащая не более 25 % массы и органического вещества исходного свежего навоза.

Без крайней необходимости не следует хранить навоз до перепревшего и тем более перегнойного состояния, так как это ведет к огромным потерям органического вещества и азота.

Наиболее рационально применение навоза в полуперепревшем состоянии, в котором лучше сохраняется азот, особенно аммонийный, и содержится больше органического вещества, чем в хорошо перепревшем навозе. Такой навоз положительно влияет на физические, физико-химические и биологические свойства почвы. При систематическом внесении подстилочного навоза увеличивается содержание гумуса в почве, снижается обменная и гидролитическая кислотность, уменьшается содержание в почве подвижных форм алюминия и марганца, повышается степень насыщенности основаниями.

С навозом в почву вносится большое количество микроорганизмов, для которых органическое вещество является источником питания и энергии. Поэтому при применении навоза усиливаются микробиологическая деятельность почвы и мобилизация содержащихся в ней запасов питательных веществ.

С 1 т полуперепревшего подстилочного навоза в почву вносится 4—5 кг азота, 2—2,5 — фосфора и 5—7 кг калия. Доступность отдельных питательных веществ навоза зависит от его количества, а также от почвенно-климатических условий.

Коэффициент использования азота из навоза первой культурой составляет в среднем 20—30 %, фосфора — 30—40, калия 60—70 %. Навоз обладает значительным последствием. Использование азота, фосфора и калия из навоза второй культурой составляет соответственно 15—20; 10—15; 10—15 %, третьей — 10—15; 5—10; 0—10 %. Использование питательных веществ навоза за ротацию севооборота: азота — 50—60 %, фосфора — 50—60 и калия 80—90 %. Это близко к использованию соответствующих питательных веществ из минеральных удобрений.

В севообороте навоз необходимо применять прежде всего под овощные и пропашные культуры (картофель, кукурузу, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды), а также под озимые зерновые. Они наиболее требовательны к условиям питания и дают большие прибавки урожая по сравнению с другими культурами.

Лучше всего вносить навоз с осени под зяблевую обработку почвы. В Нечерноземной зоне полуперепревший навоз под пропашные культуры позднего срока посева можно вносить также весной под перепашку зяби.

Навоз следует равномерно разбрасывать по полю с помощью навозоразбрасывателей и сразу запахивать на глубину 15—30 см. Задержка с заделкой в почву навоза приводит к большим потерям азота и снижению эффективности удобрения.

Дозы навоза зависят от количества и качества способов его внесения, биологических особенностей возделываемых культур и уровня их продуктивности. Но при этом они должны быть экономически выгодными и экологически безопасными.

Минимальные дозы подстилочного навоза при сплошном внесении составляют 20 т/га. При локализации основного внесения навоза в борозды и ряды минимальные дозы его уменьшают в 2 раза, а в лунки — в 4 раза. Максимально допустимые дозы навоза в каждом конкретном случае должны обеспечивать получение планируемых урожаев сельскохозяйственных культур хорошего качества и экологическую безопасность агроландшафта. Средние дозы навоза на дерново-подзолистых почвах при получении высоких урожаев составляют, т/га: картофель — 30—50, капуста — 40—60, кормовые корнеплоды — 30—50, силосные — 40—50, озимые зерновые — 25—35. Во всех почвенно-климатических зонах с увеличением доз навоза повышается его эффективность.

Бесподстильный навоз. Это полидисперсная суспензия твердых и жидких выделений животных (нередко с примесью воды) с текучими свойствами. Текучесть навоза значительно упрощает уборку его из животноводческих помещений, позволяет полностью механизировать эту трудоемкую работу.

В зависимости от содержания воды, что обусловлено технологией его удаления, бесподстильный навоз делят на полужидкий (до 90 %),

жидкий (90—93 %) и навозные стоки (более 93 %). Увеличение влажности навоза сопровождается значительным ростом его объемов.

Примерный состав свежего полужидкого навоза крупного рогатого скота: сухое вещество — 10—14 %; общий азот — 0,40—0,70; фосфор — 0,30—0,40; калий — 0,25—0,50 %. При скармливании животным концентрированных кормов получаемый навоз отличается повышенным содержанием питательных веществ.

Содержание аммиачного азота в бесподстилочном навозе составляет 50—70 % общего его количества. Следовательно, первую культуру это удобрение обеспечивает азотом не менее чем в 2—3 раза лучше, чем эквивалентная по общему азоту доза подстилочного навоза.

Фосфор и калий бесподстилочного навоза при внесении в эквивалентных по этим элементам дозах по действию на растения равноценны подстилочному навозу.

Для транспортировки и внесения бесподстилочного навоза используют специальные цистерны-разбрасыватели. Навоз применяют на полях и сразу заделывают в почву, чтобы исключить загрязнение окружающей среды.

Примерные экологически безопасные годовые дозы бесподстилочного навоза под сельскохозяйственные культуры составляют, т/га: под озимые зерновые — 30—35, картофель — 38—50, кормовую свеклу — 50—100, сахарную свеклу — 50—75, кукурузу на силос — 60—100, многолетние травы — 60—80, естественные сенокосы и пастбища — 50—60, однолетние травы — 30—40.

Под многолетние травы сенокосов и пастбищ годовую дозу навоза вносят мелко равными частями в 2—4 срока рано весной и после укосов или стравливания зеленой массы. Под другие культуры навоз используют при осенней вспашке или весенней перепахке и предпосевной обработке почвы.

Бесподстилочный навоз целесообразно применять в дозе 80—100 т/га совместно с соломой, измельченной при уборке зерновых культур, с последующей заделкой на глубину пахотного слоя. Для предотвращения загрязнения грунтовых вод азотом на унавоженных полях необходимо возделывание промежуточных культур, которые используют подвижные формы питательных элементов и закрепляют их в наземной массе.

Бесподстилочный навоз можно применять не только до посева, но и в подкормки под пропашные, кормовые и другие культуры (кроме овощных).

Навозная жижа. Это перебродившая моча животных, стекающая в жижесборники животноводческих помещений навозохранилищ. Общее количество ее составляет в среднем 10—15 % массы свежего навоза, но сильно изменяется в зависимости от способа его хранения.

Навозная жижа — ценное быстродействующее азотно-калийное удобрение. Она содержит в среднем 0,2—0,3 % N и 0,4—0,5 % K_2O , фосфора в ней очень мало — 0,01 %. В зависимости от условий хранения количество азота и калия в навозной жиже может сильно колебаться: N — от 0,02 до 0,8 %, а K_2O — от 0,1 до 1,2 %.

Навозную жижу можно применять в чистом виде до посева и в подкормки культур с обязательной быстрой заделкой в почву, а в составе компостов — до посева культур. Дозы допосевого внесения колеблются от 20 до 50 т/га в зависимости от качества навозной жижи, потребностей удобряемых культур и окультуренности почв. Для подкормок многолетних трав в севооборотах, на лугах и пастбищах вносят 10—30 т/га, в междурядья пропашных культур — 8—15 т/га.

Для уменьшения потерь аммиачного азота при хранении к навозной жиже добавляют суперфосфат, что значительно увеличивает ее эффективность при возделывании культур, так как в ней очень мало фосфора.

В зимний период собранную навозную жижу лучше всего использовать для компостирования с торфом. При этом снижается необходимость в устройстве больших жижесборников, резко сокращаются потери азота и загрязнение окружающей среды.

Птичий помет. Это ценное, наиболее концентрированное и быстродействующее удобрение, содержащее азот, фосфор, калий в легкодоступной для растений форме.

Количество питательных элементов в помете птиц сильно изменяется в зависимости от состава и качества кормов и менее значительно — от способов содержания. Азота и фосфора в бесподстилочном курином помете значительно больше, чем в подстилочном навозе сельскохозяйственных животных.

За год от каждой птицы накапливается неодинаковое количество помета: от курицы — 6—7 кг, от утки — 7—9 и от гуся — 10—12 кг. Усушка экскрементов кур при клеточном содержании через 8 ч составляет 10—12 %, через 12 ч — 13—16, через 1 сут — 27—32 %. При напольном содержании птицы получают подстилочный навоз, усушка которого происходит быстрее, за 12 ч под курами она достигает 50 %, а под утками и гусями — 35 %.

Для сохранения азота в помете лучше всего в птичниках применять сухую торфяную подстилку, которая поглощает выделяющийся из помета аммиак, или хранить его в смеси с торфом. Подстилочный куриный навоз имеет относительно невысокую влажность, сыпуч и может использоваться как обычный навоз в эквивалентных ему по содержанию азота дозах. При влажности 55 % 1 т помета содержит около 16 кг азота, 1,5 фосфора и 8 кг калия.

Бесподстилочный помет, получаемый при клеточном содержании кур-несушек, представляет собой липкую мажущуюся массу с

крайне неприятным запахом. При влажности около 65 % он содержит в среднем 2 % азота, из них 0,5 % аммонийного, 1,5 — фосфора и 0,5 % калия. Непосредственно для удобрения его не применяют (прежде всего из-за неблагоприятных физико-механических свойств). Поэтому такой помет идет в основном на приготовление компостов с торфом или соломой, причем их берут столько, чтобы получилась достаточно рыхлая и сыпучая масса (обычно в соотношении 0,5—1,0 : 1,0). При отсутствии торфа можно пересыпать помет сухой перегнойной землей или перепревшим навозом, а также добавить к нему 7—10 % суперфосфата, который почти полностью связывает выделяющийся аммиак.

Бесподстилочный куриный помет. Это липкая, мажущаяся, зловонная масса с более высоким, чем в подстилочном помете, количеством питательных элементов, содержащая много семян сорняков, яиц и личинок гельминтов и мух и различных микроорганизмов, многие из которых являются возбудителями болезней.

На птицефабриках для обеззараживания, дезодорации, сохранения питательных элементов, улучшения физико-механических свойств бесподстилочного помета применяют быструю термическую сушку его при температуре 600—800 °С. При такой сушке влажность его снижается до 20 %, потери азота не превышают 5 %, масса уменьшается, а концентрация питательных элементов возрастает примерно в 3 раза по сравнению с исходной и составляет 4—6 % N, 4 — P₂O₅ и 1,5—2,0 % K₂O, исчезает запах.

Сухой помет. Это сыпучее органическое удобрение. Сухой помет более транспортабелен, может храниться в сухом месте и при этом за 6 мес в мешках и в открытом штабеле теряет только 4—11 % органического вещества и 3—8 % азота.

Применяют птичий помет до посева культур и в подкормки в период их вегетации. В качестве допосевного удобрения его используют в следующих дозах: бесподстилочный помет — 5—10 т/га, подстилочный — 10—20 и термически высушенный — 2—4 т/га. При подкормках сплошным методом доза бесподстилочного помета составляет 0,8—1 т/га, а при локальном внесении в борозды и лунки — 400—500 кг/га; доза подстилочного помета на 20—30 % выше, а сухого — в 3 раза меньше.

По действию и последствию на урожайность различных культур все виды помета птиц при внесении в эквивалентных с минеральными удобрениями дозах не уступают последним.

Торф. В природе образуется в результате разложения и накопления остатков болотной растительности в условиях повышенной влажности и недостаточного доступа воздуха. Качество торфа определяется расположением болота по элементам рельефа и составом растительности. Торфяные болота делят на три типа: верховые, низинные и переходные.

Верховые болота формируются в понижениях на водораздельных плато. Они питаются в основном за счет атмосферных осадков. Преобладающая растительность — сфагновые мхи, при медленном разложении которых в анаэробных условиях образуются кислые продукты. Верховые торфа обычно низкосолевые (2—5 %), сильнокислые (рН 2,8—3,6), с большим содержанием органического вещества (98—95 %), но малой степенью его минерализации. Такие торфа целесообразно использовать в качестве подстилочного материала для животных и для приготовления компостов, поскольку они обладают высокой поглотительной способностью.

Низинные болота располагаются в понижениях рельефа на междораздельных территориях. Они питаются за счет осадков, грунтовых и сточных вод, имеют более разнообразную травянистую и древесную растительность. В эти болота с прилегающих склонов смывается значительное количество минеральных почвенных частиц.

Низинные торфа содержат: золы — 8—15 %, органического вещества — 85—92, общего азота — 2,5—3,5 %, рН находится в пределах 4,8—5,8 и более. Низинные торфа имеют большую степень разложения и используются главным образом для компостирования.

Переходный тип болот занимает промежуточное положение между первым и вторым типами и в зависимости от условий питания приближается либо к тому, либо к другому. При этом нижние слои торфа ближе к низинному, а верхние — к верховому типу. Переходные болота применяют для приготовления компостов, а также подстилки для животных.

Как непосредственное удобрение прежде всего на легких почвах применяют только низинные торфа, богатые известью (торфотуфы) или фосфором (вивианитовый торф), с рН 5,5 и более, зольностью более 10 % (в том числе СаО более 4 %) и степенью разложения 40—50 % и более. Дозы чистого торфа (50—100 т/га) можно значительно уменьшить, если одновременно с ним вносить и запахивать в небольших дозах (5—10 т/га) навозную жижу, полужидкий навоз, фекалии, птичий помет. Дозы торфотуфов определяют по содержанию СаО, а вивианитовых торфов — по содержанию Р₂О₅.

В качестве мульчирующего материала применяют поверхностно проветренные низинные и переходные торфа слоем до 5 см в междурядьях ягодных, плодовых и овощных культур. Мульчирование улучшает в верхнем слое почвы водно-воздушный, температурный и пищевой режимы, предотвращает рост и развитие сорняков и образование почвенной корки, что существенно повышает агрономическую и экономическую эффективность производства любой продукции.

Торфяные компосты. *Компостирование* — биотермический процесс минерализации и гумификации различных органи-

ческих компонентов, ускоряющих разложение и перевод их соединений в доступные для растений формы питательных веществ.

Торфонавозные компосты готовят вблизи животноводческих ферм, в навозохранилищах или полевых штабелях. Соотношение навоза и торфа обычно составляет зимой 1 : 1, а летом до 1 : 3. Для компостирования пригодны любые торфа с влажностью до 60 %. Качество компоста выше при более узком соотношении навоза и торфа.

При послойном компостировании торф и навоз поочередно укладывают в штабель шириной не менее 4—5 м и высотой 2 м. Толщина слоев торфа и навоза зависит от соотношения их в компосте. Штабель начинают укладывать со слоя торфа до 50 см и заканчивают им.

Очаговое компостирование предпочтительнее зимой, когда навоз по подготовленному (50—60 см) слою торфа размещают непрерывным или прерывистым слоем 70—80 см и шириной на 1,0—1,5 м меньше нижележащего торфа. При недостатке навоза его размещают прерывистым слоем (кучами) на торфе и, как и в первом случае, со всех сторон укрывают торфом слоем 50—70 см. Зимой штабель очагового компоста закладывают за 1—2 дня, обычно во время оттепелей, тогда температура внутри него не опускается ниже 25—30 °С.

При послойном и очаговом компостировании для улучшения качества удобрения к торфу и навозу добавляют 15—30 кг/т фосфорной муки, которой пересыпают каждый слой штабеля или бурта. Кроме того, добавляют 5—6 кг калийных удобрений на 1 т торфа и в зависимости от кислотности необходимую дозу известковых удобрений. Такие компосты созревают за 4—6 мес.

Торфожижевые компосты готовят с любым торфом, кроме известкового с содержанием СаО более 5 %, зимой в навозохранилищах или рядом с животноводческими помещениями, а летом в полевых штабелях или на осушенных торфяниках. На каждую тонну проветренного торфа в зависимости от влажности берут 1—3 т навозной жижи и 1,5—2 % от массы компоста фосфоритной муки. Торф укладывают в два смежных вала с корытообразным углублением между ними, в которое сливают навозную жижу.

После поглощения жижи торфом и при достижении температуры 60 °С массу уплотняют. В зависимости от свойств компонентов компоста и времени года массу выдерживают в течение 1—4 мес, затем применяют в качестве основного удобрения под различные культуры в таких же дозах, что и подстилочный навоз. *Торфожижефосфоритные компосты* по эффективности не уступают хорошо подготовленному навозу.

Торфофекальные компосты готовят при компостировании всех видов торфа и фекалий. К 1 т низинного торфа влажностью около

70 % добавляют до 0,5 т фекалий, а верхового — 2 т. Компостирование проходит при температуре 56—60 °С с последующим уплотнением, что способствует обеззараживанию, снижению потерь питательных веществ и ликвидации неприятного запаха фекальных масс. Способ приготовления такой же, как и навозной жижи.

Торфоминеральные компосты могут содержать известь, золу, фосфоритную муку, жидкий аммиак и другие минеральные добавки.

Торфоизвестковые компосты готовят с кислым торфом ($pH_{\text{сол}} < 5$), пересыпая известью каждый 15—20-сантиметровый слой при укладке штабеля. Дозу извести рассчитывают по 0,8 гидrolитической кислотности торфа, что при влажности торфа 60—70 % составляет в среднем 1—3 % его массы. Лучшей формой известковых удобрений для этих целей является доломитовая мука. Такие обогащенные кальцием и магнием, но бедные калием и фосфором компосты выдерживают до применения в течение 4—5 мес.

Компосты с золой готовят для обогащения торфа кальцием, калием, фосфором и другими элементами с одновременной нейтрализацией его обменной кислотности. Штабель готовят так же, как с известью, добавляя на каждую тонну проветренного торфа 2,5—5 % золы (25—50 кг/т).

Для приготовления *торфофосфоритных компостов* применяют кислый торф, на тонну которого при влажности 65—70 % добавляют 10—30 кг фосфоритной муки и выдерживают 2—3 мес.

Торфоизвестковые и торфофосфоритные компосты применяют в таких же дозах, как и навоз, причем эффективность их значительно выше при сочетании с азотно-калийными минеральными удобрениями.

Торфоаммиачные (ТАУ) и торфоминерально-аммиачные (ТМАУ) удобрения (компосты) готовят с помощью насыщения торфа аммиаком (жидкий аммиак, аммиачная вода) и добавления к нему фосфорных и калийных минеральных удобрений. Для этих целей применяют торфа с зольностью до 25 %, влажностью 55—65 % и степенью разложения для низинного 15—20 %, для верхового 20—25 %. В состав ТМАУ в каждую тонну сухого торфа вводят 30—35 кг фосфоритной муки или смеси ее (1 : 1) с суперфосфатом, 10—12 кг хлористого калия (или другого калийного удобрения) и 30—35 л 25%-ного раствора аммиака (или эквивалентную по NH_3 дозу жидкого аммиака).

Сапрпель. Это органические илы, отложения пресноводных озер и прудов, состоящие в основном из органических веществ и остатков водных организмов. Для применения в качестве местного удобрения сапрпели должны содержать влаги не более 60 %, органического вещества не менее 10 %, рН водной вытяжки не менее 6,5, азота — 0,5 %, фосфора — 1 %, калия — 1 % на сухую

массу. В данных отложениях могут концентрироваться тяжелые металлы.

Бытовые отходы. Имеют высокую степень биологического загрязнения, могут быть опасны в эпидемиологическом отношении, требуют обеззараживания. Состав сточных вод, их осадка (ОСВ) и образующегося при биологической очистке ОСВ активного ила сильно различаются в зависимости от вида производства.

Твердые и жидкие отходы жилищно-коммунального хозяйства и промышленных производств могут быть сильно загрязнены тяжелыми металлами, органическими и минеральными кислотами, фенолами, полиароматическими углеводородами, радиоактивными веществами, а также вредными микроорганизмами. Использовать эти отходы можно только после компостирования и контроля исходных компонентов и компостов на соответствие установленным требованиям качества и безопасности. Компосты из твердых бытовых отходов ОСВ, а также приравненного к ним по важнейшим агроэкологическим нормативам активного ила должны иметь влажность не более 50 %; содержать соответственно не менее 35 и 45 % органических веществ в расчете на сухую массу; долю гуминовых веществ не менее 5 %; азота, фосфора и калия соответственно 1,0; 0,4; 0,3 и 1,5; 1,0; 0,2 % на сухую массу; соотношение С : N — не более 30; размер частиц соответственно не более 25 и 8 мм. Содержание пластических масс в компосте из твердых бытовых отходов должно быть не более 0,9 % и прочих балластных включений — не более 2,5 %.

Биогумус. Это удобрение, получаемое в результате переработки гибридом красного калифорнийского червя разнообразных органических субстратов: навоза всех видов животных, помета птиц, соломы и других растительных остатков, осадков сточных вод, органических материалов городского мусора, пищевых и промышленных отходов.

При переработке червями 1 т органических отходов (в расчете на сухое вещество) в биомассе червей получают около 100 кг полноценного белка и 600 кг биогумуса с влажностью 60—65 %, используемого в качестве органического удобрения.

Проходя через кишечник червей, органические отходы субстрата подвергаются биохимическим превращениям до легкогидролизуемых соединений, в капролитах (экскрементах червей) концентрируются азот и другие макро- и микроэлементы в потенциально доступной для растений форме. Биогумус характеризуется высокой водостойкостью, улучшает структуру почвы, активизирует ее биологическую активность, частично нейтрализует почвенную кислотность. Он содержит ферменты и биостимуляторы, обладает бактерицидными свойствами, не имеет запаха и по консистенции подобен перегною, получаемому при разложении наво-

за и традиционных компостов. Благодаря деятельности червей и применению биогумуса можно связывать находящиеся в отходах и почве тяжелые металлы, ограничивать поступление в растения радионуклидов и накопление нитратов в получаемой растениеводческой продукции.

Биогумус применяют в овощеводстве, садоводстве в дозах 2,5 т/га при сплошном и 250 кг/га при локальном внесении. Это органическое удобрение высокоэффективно в условиях мелкотоварного производства и в промышленном овощеводстве защищенного грунта.

С о л о м а. Солома зерновых культур, запаханная в почву, возвращает с каждой тонной 5—7 кг азота, 1,5—2,5 фосфора и 9—12 кг калия. Поэтому излишки соломы целесообразно одновременно с уборкой урожая или сразу после нее измельчать, равномерно распределять по поверхности поля и заделывать в почву в качестве удобрения. Не следует запахивать солому сразу на полную глубину, а сначала для лучшего разложения без накопления токсичных веществ нужно заделать ее на глубину 8—10 см.

В первый год после внесения соломы в почве усиливаются процессы иммобилизации азота и может ухудшиться азотное питание возделываемых культур. Чтобы избежать этого, рекомендуют дополнительно вносить азотные удобрения из расчета 10 кг азота или бесподстилочный навоз и навозную жижу из расчета 3—5 т на каждую тонну заделываемой в почву соломы. В этих условиях солома по воздействию на урожай последующих культур может не уступать навозу и компостам.

Зеленые удобрения. Это свежая растительная масса, запахиваемая в почву для обогащения ее и последующих культур органическим веществом и питательными элементами. Растения, выращиваемые на зеленые удобрения, называют *сидератами*, а прием обогащения ими почв — *сидерацией*.

В качестве сидератов используют чаще бобовые (люпин, сераделла, донник, вика, чина, эспарцет, астрагал), реже смеси бобовых с мятликовыми или промежуточные небобовые культуры (горчица, сурепица, рапс, редька масличная и др.). Дополнительное обогащение почв и растений азотом в значительных количествах происходит за счет бобовых сидератов, обладающих симбиотической азотфиксацией атмосферного азота.

Зеленые удобрения оказывают такое же многостороннее положительное действие на свойства почвы, урожай и качество сельскохозяйственных культур, как и хорошо приготовленный подстилочный навоз.

Приемы использования сидератов разнообразны: полное, укосное и отавное зеленые удобрения.

Полное зеленое удобрение — запахивают на месте всю выращенную массу сидерата. *Укосное зеленое удобрение* — скошенную массу

сидерата транспортируют, размещают на другом поле и запахивают. *Отавное зеленое удобрение* — запахивание после удаления скошенной или съеденной животными массы отросших стерневых и корневых остатков сидератов.

Сидерацию применяют в первую очередь на малогумусных песчаных и супесчаных почвах с неблагоприятной реакцией почвенной среды. Кроме того, сидераты используют при недостатке других органических удобрений и на удаленных от хозяйственных центров полях и участках.

Эффективность зеленых удобрений зависит от вида, продуктивности и способа использования сидерата. Чем больше масса запаханного сидерата, тем сильнее его последствие. Бобовые сидераты за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями способны полностью удовлетворить собственные потребности в азоте и частично последующие культуры.

Темпы разложения зеленых удобрений зависят от гранулометрического состава и влажности почвы, фазы развития растений в момент заделки и глубины заделки их в почву. С увеличением глубины заделки, возраста сидератов в момент заделки и количества глинистых частиц в гранулометрическом составе почвы минерализация зеленых удобрений замедляется, и, наоборот, изменение перечисленных условий в противоположном направлении ускоряет темпы минерализации зеленых удобрений.

Все органические удобрения обладают длительным действием, поэтому при определении их агрономической и экономической эффективности нужно суммировать достоверные прибавки культур от них за 3—4 года. Затраты на приготовление, хранение, транспортировку, погрузочно-разгрузочные работы, уборку и доработку дополнительной продукции распределяют соответственно на всю добавочную продукцию.

Глава 4

СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ



4.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Учение о системах земледелия возникло во второй половине XVIII в., который характеризуется быстрым ростом общественного разделения труда, ремесел, мануфактур и торговли. По мере развития сельскохозяйственного производства учение о системах земледелия совершенствовалось. Вместе с обоснованием понятия «система земледелия» как совокупности агротехнических приемов по сохранению и повышению плодородия почвы изучался также вопрос об экономической эффективности разных систем земледелия в различных природных и экономических условиях. Ставили и разрешали такие проблемы, как системы земледелия и почвенно-климатические условия, системы земледелия и производственные направления хозяйств, системы земледелия и сельскохозяйственные орудия и машины и, наконец, системы земледелия и общественный способ производства.

Основоположниками учения о системах земледелия в России были ученые-агрономы последней трети XVIII в. — А. Т. Болотов, И. М. Комов, В. А. Левшин и известные практики сельского хозяйства начала XIX в. — Д. М. Полторацкий, И. И. Самарин и др. Им принадлежит первенство в постановке вопросов о системах земледелия и успешных попытках научного их решения.

В условиях феодальной собственности на землю, крепостного состояния крестьян преимущественное распространение получила паровая система земледелия с обычным для того времени трехпольным зерновым севооборотом: 1 — пар; 2 — озимые; 3 — яровые. Для подавляющего большинства крестьянских и помещичьих хозяйств паровая система была единственной формой ведения полевого хозяйства. Земледельческие хозяйства и в северных лесистых губерниях, применявших подсеčno-огневую систему, и в южных и юго-восточных районах, где была принята залежная система, также имели зерновое направление. Таким образом, на полях России безраздельно господствовали зерновые хлеба.

Овощные и технические культуры выращивали только на огородах или на особых участках главным образом в потребительских целях. Продуктивное скотоводство развивалось на юге и юго-востоке европейской части России, но оно базировалось не на землях, а на естественных лугах и пастбищах.

Развитие капиталистических отношений в России ставило перед сельским хозяйством новые задачи, и в первую очередь увеличение валового и особенно товарного производства зерна, технических культур и продукции животноводства.

В создании основ учения о системах земледелия важнейшую роль сыграл А. Т. Болотов.

Многочисленные труды А. Т. Болотова имеют непосредственное отношение к учению о системах земледелия, среди них «Примечания о хлебопашестве вообще», «Об удобрении земель», «О разделении полей» (1771) и др.

А. Т. Болотов считал возможным достичь подъема сельского хозяйства как в Черноземной, так и Нечерноземной зонах за счет улучшения существующей паровой системы земледелия и освоения новой, более совершенной выгонной системы земледелия. В первом случае предлагалось улучшить предпосевную обработку почвы, удобрение полей, повысить качество семян и их заделки в почву, улучшить существующие луга и т. д., во втором — коренные изменения в сельскохозяйственном производстве: введение новых севооборотов и установление рациональных пропорций между хлебопашеством и скотоводством.

От прежнего трехпольного севооборота паровой системы А. Т. Болотов предлагал там, где позволяют условия, перейти к семипольному севообороту выгонной системы: 1 — озимые (пшеница и рожь); 2 — выгон; 3 — яровые лучшие; 4 — выгон; 5 — яровые худшие; 6 — выгон; 7 — пар, или 1 — озимые; 2, 3 — яровые; 4 — 6 — выгон; 7 — пар.

В отличие от трехпольного севооборота — паровой системы, где $\frac{2}{3}$ всей пахотной земли находится под хлебом и $\frac{1}{3}$ — под паром, в семипольном севообороте выгонной системы $\frac{3}{7}$ пахотной земли отводят под хлеб, $\frac{3}{7}$ — под выгон и $\frac{1}{7}$ — под пар. Следовательно, посевная площадь под зерновыми должна сократиться примерно с 66 до 43 % всей пахотной земли. Но, как доказывал А. Т. Болотов, хлеба будут давать урожай больше прежнего, так как неизмеримо возрастет количество корма, скота и навоза, и земля будет лучше унавоживаться и обрабатываться.

Для экономической оценки предложенной им системы земледелия и доказательства ее преимущества перед паровой системой он применяет метод сравнительного анализа, названный им «балансы». Сравняются два одинаковых по размеру и качеству участка земли с различными системами земледелия. На первом участ-

ке применяют трехпольный севооборот паровой системы, на втором — семипольный севооборот выгонной системы. Здесь делаются первые попытки определить издержки производства и чистый доход.

Крупный вклад в развитие основ учения о системах земледелия внес ученый-агроном и экономист И. М. Комов. В 1785 г. вышел в свет, а спустя шесть лет был переиздан первый труд И. М. Комова «О земледельных орудиях», а в 1788 г. издана монография «О земледелии».

И. М. Комов считал восстановление и поддержание плодородия почвы важнейшими задачами земледелия, которые решаются при помощи вспашки, навозного удобрения и плодосменного севооборота. Все растения он делил на две группы: истощающие почву, куда относятся зерновые и масличные культуры, и обогащающие почву — корнеплоды и травы. С этих позиций он резко критиковал существовавшую паровую систему земледелия, отмечая невозможность при такой системе успешно развивать животноводство и обильно удобрять землю, неизбежность истощения естественного плодородия почвы, падения урожайности и доходов хозяйства. И. М. Комов предлагал «учредить оборот посева разных растений, чтобы землю не изнурять и прибыли от нее получить как можно больше. Этого можно достичь, если поочередно то овощ, то хлеб, то траву сеять».

В отличие от А. Т. Болотова И. М. Комов выступал за переход к более интенсивной плодосменной системе земледелия. Его девиз: «Лучше с мала получить много, нежели со многа мало». Обоснование новой системы базировалось на соотношении между хлебопашеством и скотоводством, зерновыми и кормовыми культурами, что определяло не только экономическую, но и агротехническую сторону системы земледелия.

И. М. Комов предложил два примерных шестипольных севооборота. Для районов, где земля плохая или земли много, а земледельцев мало: 1 — яровые с травами; 2 — травы; 3 — озимые; 4 — пропашные; 5 — яровые с травами; 6 — травы. Для районов, где земли мало, а людей много: 1 — озимые; 2 — яровые; 3 — пропашные; 4 — яровые с травами; 5 — травы; 6 — яровые.

Подчеркивая, что предложенные им севообороты являются только примерными, И. М. Комов считал, что нет на все время общих и постоянных правил «в столь многообразном и многопеременном искусстве», как земледелие. Поэтому он советовал сначала ставить опыты на небольших участках земли, узнать «какой хлеб или овощ для его земли годнее, какой навоз полезнее и на какую глубину семена сеять надежнее». И лишь затем «начинать сеять поля целые».

А. Т. Болотов и И. М. Комов руководствовались стремлением сделать сельское хозяйство России высокотоварным и прибыль-

ным. Путь к решению этой задачи они видели в применении новых систем земледелия, которые не истощали бы землю, как старая паровая система, а напротив, обогащали бы почву, повышали ее плодородие. По их мнению, такими могли быть только системы, правильно сочетающие в хозяйстве земледелие со скотоводством, зерновые культуры с кормовыми. Соблюдение в хозяйстве необходимой пропорции между земледелием и скотоводством они считали решающим условием восстановления, поддержания и повышения плодородия почвы, подъема производительности сельскохозяйственного труда и доходности хозяйства. Следовательно, агрономическую и экономическую эффективность А. Т. Болотов и И. М. Комов рассматривали как единое целое.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в конце XVIII — начале XIX в. тормозилось состоянием скотоводства — единственным в то время источником удобрения, а развитие скотоводства, в свою очередь, — недостатком кормов. Поэтому русские агрономы того времени настойчиво искали рациональные способы выращивания разнообразных кормовых трав на полях различных зон страны и проводили многочисленные опыты.

Первый крупный вклад в решение этого важного вопроса был сделан членом Вольного экономического общества В. А. Левшиным и практиками сельского хозяйства Д. М. Полторацким, И. И. Самариним и многими другими.

В. А. Левшин изучал дикорастущие травы, опытное травосеяние и пытался совершенствовать паровую систему земледелия. Из его многочисленных трудов по этим вопросам, сыгравших большую роль в развитии отечественной агрономии и сельскохозяйственной практики, следует отметить: «Описание об открытых в Тульской губернии кормовых травах, удобности размножения оных посевом, обращении некоторых из них в хозяйственную пользу», «О заселении степей», «О растениях вредных и полезных скотам» и др.

Эти труды характеризуют В. А. Левшина как основоположника учения о травосеянии в России и создателя улучшенной паровой системы земледелия. Она вошла в сельскохозяйственную литературу XIX в. под названием «улучшенной зерновой системы» и наиболее широко применялась в крестьянских хозяйствах Московской и Ярославской губерний.

В. А. Левшин предложил для южных районов России свой севооборот: 1 — озимые; 2 — яровые; 3 — травы первого года пользования; 4 — травы второго года пользования.

Он понимал, что господствующая в России паровая система земледелия с ее зерновым трехпольем стала в условиях крайнего недостатка лугов и выгонов, скота и навоза не способом восстановления и поддержания плодородия почвы, а причиной его снижения.

Примерно в то же время приступил к травосеянию на полях в широких по тому времени размерах Д. М. Полторацкий — образованный помещик. В своем имении Авчурино он ввел новую систему земледелия.

Вся земля имения (2700 десятин) была разделена на два больших участка: ближний и дальний. Ближний участок был отведен под плодосменный севооборот: 1 — картофель, морковь, горох, бобы, чечевица; 2 — яровая пшеница, ячмень, овес; 3 — клевер на зеленый корм и сено; 4 — озимые рожь и пшеница. На дальнем участке был введен семипольный севооборот: 1—3 — овес; 4 — клевер первого года пользования; 5 — клевер второго года пользования; 6 — озимые; 7 — овес. Потом землю отдавали под выгон или сенокос.

В результате перехода на новую плодосменную систему земледелия урожайность хлебов повысилась, увеличилось и количество скота в хозяйстве. Однако плодосменный севооборот Д. М. Полторацкого не получил широкого распространения в России.

Иная перспектива ожидала севооборот В. А. Левшина, который претерпел большую эволюцию и, в конце концов, получил широкое распространение в хозяйствах центральных губерний Нечерноземной зоны.

Таким образом, в конце XVIII — начале XIX в. русские ученые-агрономы и практики сельского хозяйства внесли большой вклад в развитие учения о системах земледелия. Классический труд И. М. Комова «О земледелии» вышел в свет за 21 год, а выдающаяся работа А. Т. Болотова «О разделении полей» — за 37 лет до опубликования первого тома «Основ рационального сельского хозяйства» (1809) А. Д. Тэера, считающегося основателем сельскохозяйственной науки, в частности учения о системах земледелия.

А. Д. Тээр был основателем и руководителем старейшей в Германии Меглинской сельскохозяйственной академии. Его четырехтомный труд «Основы рационального сельского хозяйства» представлял обширнейший курс лекций для учащихся академии, энциклопедию по всем основным отраслям сельскохозяйственных знаний, приведенных в стройную систему науки о сельском хозяйстве.

Все существовавшие системы земледелия А. Д. Тээр делил на парозерновые и плодопеременные. К плодопеременной системе земледелия он относил и выгонную систему, называя ее «плодосменным хозяйством с выгоном». А. Д. Тээр разработал, как он считал, самый эффективный для Германии четырехпольный севооборот: 1 — картофель; 2 — ячмень; 3 — клевер; 4 — озимая рожь.

Дальнейшее развитие учение о системах земледелия в России получило в трудах М. Г. Павлова: «Земледельческая химия», «Курс сельского хозяйства» и др. М. Г. Павлов после окончания Москов-

ского университета в 1816 г. уехал в длительную заграничную командировку для изучения сельского хозяйства западноевропейских стран. В течение года М. Г. Павлов учился у А. Д. Тэера в Меглине и три года объезжал сельскохозяйственные районы Германии, Швейцарии, Франции и Англии.

Он рассматривал сельскохозяйственное производство с трех точек зрения: как ремесло, как искусство и как науку. «Участь сельского хозяйства как ремесла, — отмечал М. Г. Павлов, — есть неподвижность, как искусства — слепая удача или ряд хозяйственных ошибок, как науки — рассчитанный успех».

Начиная с 1826 г. М. Г. Павлов занимался сравнительным изучением различных систем земледелия в учебном опытном хозяйстве Московской земледельческой школы. Он пришел к выводу о том, что какими бы очевидными ни казались преимущества какой-либо системы, повсеместное введение ее невозможно. Ни одна из существующих систем земледелия всюду и всегда лучшей и господствующей быть не может. Все зависит от местных природных и экономических условий, т. е. от почвы и климата, от цен на землю, на рабочую силу, на различные сельскохозяйственные продукты и земледельческие орудия, от стоимости провоза и т. д. Лучшая система земледелия, по М. Г. Павлову, та, которая в данных условиях, при данных обстоятельствах обеспечивает с определенного пространства земли наивысший доход, не истощая ее плодородия.

Оценивая системы с точки зрения плодородия почвы, М. Г. Павлов указывал, что трехпольная система истощает плодородие. Она возвращает земле меньше питательных веществ, чем извлекает из нее. Выгонная система поддерживает плодородие. Плососменная не только поддерживает, но и повышает плодородие. Залежную систему земледелия М. Г. Павлов относил к выгонной.

В сельском хозяйстве России того периода доход приносило в первую очередь возделывание хлебов, а затем животноводство. Производство технических культур и переработка сельскохозяйственных продуктов были развиты крайне слабо.

Рассматривая системы земледелия главным образом с точки зрения экономики, М. Г. Павлов считал целью системы земледелия наивысшую прибыль. При этом агротехнические аспекты системы — совокупность мероприятий по восстановлению, поддержанию и повышению плодородия почвы — отодвигаются на второй план.

В отличие от М. Г. Павлова его преемник по кафедре сельского хозяйства в Московском университете профессор Я. А. Линовский подходил к изучению систем земледелия исключительно с естественно-научной точки зрения, учитывая условия плодородия почвы.

Система земледелия для Я. А. Линовского — достижение наивысшей прибыли за счет прежде всего совершенствования соотношения культур в полевом севообороте и мероприятий по восстановлению и поддержанию плодородия почвы.

С. М. Усов в труде «О системах хлебопашества» обобщил учение о системах земледелия в дореформенный период. Он редактировал «Земледельческую газету», «Труды Вольного экономического общества» и др.

Все агрономы-экономисты дореформенного периода, внесшие свой вклад в развитие учения о системах земледелия в России, рассматривали систему земледелия как способ разведения культурных растений на полях ради прибыли. Следовательно, они расширяли понятие «система земледелия», выводя его за пределы агротехники, т. е. различали две особенности системы земледелия — агротехническую и экономическую.

Дальнейшее развитие учение о системах земледелия получило в трудах А. В. Советова и А. Н. Энгельгардта.

В тот период в сельскохозяйственной литературе не было единого термина, обозначающего понятие «система земледелия». Впервые термин «система земледелия» был введен в русскую сельскохозяйственную литературу профессором А. В. Советовым. Он писал: «Разные формы, в которых выражается тот или иной способ земледелия, принято называть системами земледелия». Изменение форм земледелия он рассматривал с исторической точки зрения. Главным в любой системе земледелия А. В. Советов считал земельные отношения.

С течением времени это положение меняется. Вслед за этим изменяются и системы земледелия.

Плодосменную систему земледелия А. В. Советов рассматривал как наиболее производительную и прогрессивную по сравнению с паровой, а паровую систему он считал более производительной, чем переложную.

А. В. Советову принадлежит важная заслуга в том, что он обобщил более чем полувековой опыт применения плодосменной системы в различных странах и описал ее эволюцию. Он показал, как видоизменялись формы плодосмена в зависимости от почвенно-климатических и общественно-экономических условий.

В своей работе «О разведении кормовых трав на полях» А. В. Советов наиболее подробно рассмотрел опыт применения плодосменной системы, в особенности травосеяния, в России.

А. В. Советов как дальновидный ученый не считал плодосменную систему абсолютной истиной и что агрономической науке и практике двигаться дальше некуда.

Видное место в истории агрономии занимает А. Н. Энгельгардт. В своем письме «Из деревни» (1882), трудах «О хозяйстве в

северной России и применении в нем фосфоритов», «Химические основы земледелия» и др. А. Н. Энгельгардт не пользуется термином «система земледелия», а употребляет термины «система полеводства», «система хозяйства». Под «системой полеводства» он понимает систему земледелия, а «система хозяйства» является собирательным понятием, включающим производственное направление хозяйства, систему земледелия, земледельческие орудия и социальный тип хозяйства.

В имении Батищево А. Н. Энгельгардт ввел 15-польный севооборот, который с 1871 по 1887 г. прошел полную ротацию.

Изменение системы полеводства в хозяйстве вызвало изменение и системы животноводства. Распашка пустошей и травяного пласта потребовала замены сохи и деревянной бороны более совершенными орудиями: плугом и железной бороной. Все это показывает, что изменение одного звена системы земледелия ведет к изменению других и неизбежно к преобразованию экономики.

А. Н. Энгельгардт различал экстенсивную и интенсивную системы земледелия.

Главными элементами системы хозяйства он считал: уничтожение пустошей и приведение всей удобной земли в культурное состояние; удобрение земли (навозом, травосеянием и применением искусственных удобрений); льноводческое и молочно-животноводческое направления хозяйства; совершенствование почвообрабатывающих орудий.

А. Н. Энгельгардт доказал, что между системой земледелия и производственным направлением существуют неразрывная связь и взаимозависимость. При паровой системе направление хозяйства может быть только зерновым, при выгонной — молочно-животноводческим и льноводческим.

Начало учения о системах сельского хозяйства положил профессор Петровской земледельческой и лесной академии А. П. Людоговский. Термин «система хозяйства» он употреблял только в смысле «система земледелия».

Впервые в истории сельскохозяйственной науки А. П. Людоговский попытался выделить из системы земледелия как ее составную часть систему полеводства. Севооборот, по его мнению, выражает характер только системы полеводства и подчинен только ей.

А. П. Людоговский классифицировал системы земледелия по основным признакам, которые, по его мнению, более или менее точно выражают сущность системы земледелия, ее экономическое и агротехническое содержание. Такими признаками системы земледелия являются: степень интенсивности, способ восстановления плодородия почвы, положение продуктивного скотоводства в хозяйстве и распределение всей земли хозяйства между кормовыми

и хлебными растениями. Способ восстановления плодородия почвы изменяет характер использования сельскохозяйственных угодий и в целом систему земледелия. История земледелия, отмечал А. П. Людоговский, знает четыре способа восстановления плодородия почвы: залежь, паровая обработка поля, полевое травосеяние и удобрение навозом и искусственными туками.

Развитие систем земледелия, по мнению А. П. Людоговского, явилось следствием развития двух факторов: естественно-исторического, под которым он понимал «истощение почвы культурой», и экономического. Главным из них он считал экономический фактор.

А. П. Людоговский разработал свою схему исторического развития и географического размещения систем земледелия. Он построил ее почти исключительно по данным Англии и Германии. Схема отражает технический прогресс в сельском хозяйстве. Каждая последующая система земледелия технически более совершенна, чем предыдущая.

И. А. Стебут первым в истории сельскохозяйственной науки строго разграничил такие понятия, как «система хозяйства», «система полевого хозяйства», «севооборот» и «система культуры», показал неразрывную связь между ними и взаимозависимость.

Под термином «система хозяйства» И. А. Стебут понимал определенное сочетание отраслей, участвующих в образовании дохода специализированного хозяйства. Основным признаком системы хозяйства, по его мнению, служит производственное направление хозяйства, или рыночный продукт. На этом основании он считал, что существуют три главные системы хозяйства: полеводческая (рыночный продукт—зерно), скотоводческая (рыночный продукт—продукты животноводства), заводская (рыночный продукт—земледельческие продукты, подвергаемые технической переработке).

В европейской части России, подчеркивал И. А. Стебут, преобладающей системой хозяйства является полеводческая, а полеводство как отрасль сельского хозяйства является составной частью всех основных систем хозяйства. Оно служит основой для таких отраслей, как животноводство, винокурение, сахароварение, маслоделие, крахмалопаточное производство и т. д.

Систему полеводства И. А. Стебут считал частью системы земледельческого хозяйства. Она получает свое выражение в том или ином правильном севообороте. Таким севооборотом И. А. Стебут считал «только тот севооборот, который служит выражением верно намеченного для местных условий плана полевого хозяйства как части того здания, которое представляет целое хозяйство».

Необходимость введения севооборота определяется экономическими и природными условиями. Многообразие этих условий

вызвало появление множества различных севооборотов, относящихся не только к разным системам полеводства, но и к одной и той же системе полеводства.

Существенный вклад в развитие учения о системах сельского хозяйства внес А. С. Ермолов. Он автор работы «Организация полевого хозяйства». Для него максимальная прибыль во все времена и у всех народов — основа рационального хозяйства. Меняются экономические и природные условия сельского хозяйства, и только цель хозяйства остается неизменной; она всегда и всюду одна и та же — наивысший чистый доход. Достижение этой цели, по А. С. Ермолову, требует вслед за изменением экономических и природных условий совершенствования системы хозяйства.

Только такое хозяйство может считаться рациональным, которое организовано строго в соответствии с условиями места и времени, отвечает всем требованиям окружающей среды и получает высокий чистый доход. Под системой земледелия А. С. Ермолов понимал не только способ восстановления и поддержания плодородия почвы, но и соотношение между различными хозяйственными угодьями. Он считал, что севооборот выражает как чередование культур, так и производственное направление хозяйства.

Д. Н. Прянишников считал севооборот объективной необходимостью и одним из решающих условий повышения урожайности полей. Разнообразие почвенно-климатических и экономических условий в стране обуславливает необходимость применения различных севооборотов и приемов возделывания сельскохозяйственных культур. Д. Н. Прянишников рекомендовал применять четырехпольные паропропашные и плодосменные севообороты. Наиболее прогрессивными, на его взгляд, были плодосменные севообороты, представляющие чередование трех основных типов культур: хлебных, пропашных и кормовых трав, главным образом бобовых как азотфиксаторов. Плодосменные севообороты ему представлялись радикальным средством быстрого и одновременного подъема зернового хозяйства, животноводства и производства технических культур. «Если к четырехпольному севообороту прибавить поле клевера, — указывал Д. Н. Прянишников, — то урожайность зерновых по сравнению с трехпольным севооборотом удваивается, а с применением минеральных удобрений на фоне клевера — учетверяется».

В. Р. Вильямс определил системы земледелия как комплекс агротехнических мероприятий, направленных на восстановление, поддержание и постоянное повышение плодородия почвы. Он разработал и предложил систему агротехнических мероприятий по восстановлению и повышению плодородия почвы, которую назвал травопольной системой земледелия. В нее вошли: рациональная организация и использование всей территории хозяйства и

система двух севооборотов — полевого и кормового, правильная система обработки почвы и ухода за посевами, правильная система удобрения, посадка полезных лесных полос.

В. Р. Вильямс подчеркивал, что при введении травопольной системы земледелия исключительно важна неразрывность четырех ее элементов. Позднее к этим четырем элементам он присоединил еще два: систему семеноводства (посев отборными семенами приспособленными к местным условиям высокоурожайных сортов) и систему мелиорации (оросительную в районах недостаточного увлажнения и осушительную в районах избыточного увлажнения).

Прогрессивность травопольной системы наглядно видна при сопоставлении ее с теми системами земледелия, которые исторически ей предшествовали. Она представляет практические рекомендации по подъему земледелия, разработанные на естественнонаучной основе.

Под современными системами земледелия в широком социально-экономическом смысле понимают высококоразвитое, интенсивное, продуктивное, устойчивое, почвозащитное, экологически обоснованное и экономически эффективное производство, способное обеспечить прогрессивный рост высококачественной продукции во все годы при рациональном использовании земли, имеющихся ресурсов и воспроизводстве почвенного плодородия.

4.2. СУЩНОСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Система земледелия — результат длительного исторического развития народов. А. В. Советов писал: «Нет сомнения, что та или другая система земледелия выражает ту или другую степень гражданского развития народов». В системах земледелия проявляется тот или иной способ землепользования и земледелия, присущий конкретному историческому этапу социально-экономического развития народа и общества. К. А. Тимирязев очень точно сказал, что «... культура поля всегда шла рука об руку с культурой человека», т. е. по мере накопления практического опыта и научных знаний.

Основными признаками всех систем земледелия являются способы использования земли и воспроизводства плодородия почвы. Способ использования земли выражается в соотношении земельных угодий и структуре посевных площадей, а способ воспроизводства плодородия почвы — в комплексе агротехнических и мелиоративных мероприятий с учетом возделываемых культур. Эти

признаки, определяющие интенсивность и рациональность системы, положены в основу их классификации (табл. 25).

25. Классификация систем земледелия и их признаки

Типы и виды систем земледелия	Способ использования земли	Способ воспроизводства плодородия почвы
1. <i>Примитивная</i> — подсечно-огневая, лесопольная, залежная, переложная	Используется меньшая часть пахотно-пригодных земель. В посевах преобладают зерновые	Природные процессы без участия человека
2. <i>Экстенсивная</i> — паровая, многопольно-травяная	Под посевами пашина и более пашни. В структуре посева преобладают зерновые и многолетние травы. Значительная площадь занята чистыми парами	Природные процессы, направляемые человеком
3. <i>Переходная</i> — улучшенная зерновая, травопольная	Пахотно-пригодные земли находятся в обработке. В посевах преобладают зерновые, которые сочетают с многолетними травами или пропашными и чистым паром	Возросшее воздействие человека с использованием природных факторов
4. <i>Интенсивная</i> — плодосменная, промышленно-заводская	Почти все земли заняты посевами. Посевная площадь часто превышает площадь пашни. Введены пропашные культуры	Активное воздействие человека с помощью средств, поставляемых промышленностью

Характерными чертами первого периода земледелия при низком уровне развития производительных сил были использование природных качеств земли и отсутствие мероприятий по восстановлению и повышению плодородия почвы.

По мере перехода от низших форм земледелия к высшим решающим признаком их становится соотношение различных групп сельскохозяйственных культур, возделываемых на пахотных землях, в частности, зерновых и технических сплошного посева, кормовых трав и пропашных культур. С развитием земледелия изменяются и способы восстановления и повышения плодородия почвы. Если на ранних этапах его истории преобладали природные процессы восстановления производительной силы земли, то в интенсивном земледелии решающая роль принадлежит целенаправленной деятельности человека. Основными способами поддержания и дальнейшего повышения плодородия почвы здесь являются

применение удобрений, особенно минеральных, мелиорации (орошение, осушение земель, агролесомелиорация, химическая мелиорация и т. д.), новейшей техники и автоматики, химических и биологических средств защиты растений и др. Наряду с этим используют и биологические методы повышения плодородия почвы: травосеяние, сидерацию и др.

Изменение способов восстановления и повышения плодородия почвы создает условия для расширения посевов более требовательных и продуктивных культур и пересмотра прежнего их соотношения. Например, орошение земель вызывает изменение соотношения различных групп сельскохозяйственных культур, замену чистых паров посевами, увеличение количества применяемых удобрений и т. д. Однако новая структура посевных площадей требует применения более современной агротехники.

Внутренней движущей силой развития земледелия и перехода от низших форм к высшим является противоречие земли как естественного исторического тела и основного средства сельскохозяйственного производства. Природные свойства почвы трудно поддаются изменению и ограничивают плодородие. Однако в процессе деятельности человека и использования земли как средства сельскохозяйственного производства эффективное плодородие почвы повышается. Такой процесс идет непрерывно и отражается в изменяющихся формах или системах земледелия.

История развития систем земледелия показывает, что они отражают различные фазы интенсивности земледелия. Это проявляется как в использовании земли, так и в способах поддержания и повышения плодородия почвы.

Подсечно-огневая и лесопольная системы земледелия. В северной части России при освоении земель, заросших лесом, человек использовал стихию огня. Сжигание древесной растительности служило вместе с тем средством быстрой мобилизации зольных питательных веществ и повышало плодородие почвы. К этому способу освоения новых земель человек пришел в результате наблюдений за естественной растительностью на оставшихся после лесных пожаров участках (пáлы). На них развивалась пышная естественная травянистая растительность, хорошо росла тимофеевка; после примитивной поверхностной обработки удавались посевы зерновых, льна. Такая система земледелия, когда естественную лесную растительность сжигали, а освободившуюся площадь использовали под посевы культурных растений, получила название *подсечно-огневой*.

В результате удобрения золой почва обогащалась элементами питания. Кроме того, зола способствовала нейтрализации кислой реакции почв. Необходимый азот образовывался в результате разложения лесной подстилки, остатков травянистой растительности

ти, а также жизнедеятельности микроорганизмов, фиксирующих азот воздуха и обогащающих им почву. Все это позволило в первые два года получать хорошие урожаи зерновых и льна. Но затем почва из-под леса быстро утрачивала свое плодородие. Ухудшались ее физико-химические свойства, затормаживались микробиологические процессы. Чтобы продлить использование освоенных из-под леса участков, в некоторых случаях стали оставлять площади на один-два года без посева, а также вносить навоз, если это позволяло слабо развитое животноводство. Однако это не предотвращало снижения урожайности возделываемых культур. Когда урожайность падала до очень низкого уровня, земледелец оставлял этот участок и осваивал другой, а прежний вновь зарастал древной растительностью.

С возникновением частной собственности на землю по мере увеличения площади пашни появилась необходимость возвратиться к участкам, которые раньше уже использовались под посевы, затем они были оставлены и поросли лесом. Возвращение к возделыванию под посевы прежних участков, стремление к использованию хозяйственно ценного лесоматериала привели к замене подсеčno-огневой системы лесопольной.

Залежная и переложная системы. В степных районах, где под пашню осваивали земли, занятые травянистой (степной) растительностью и обладающие высоким естественным плодородием (черноземы, каштановые почвы), сложились залежная и переложная системы земледелия.

А. В. Советов писал: «Переложная система прямо вылилась из способа заселения степей, из кочевого характера народов, в них обитавших, из избытка поземельного пространства сравнительно с народонаселением, из беспримерной производительности степного чернозема».

При залежной системе земледелия участки целины распахивали под ценные зерновые хлеба. Иногда по распаханной целине сеяли масличный лен, а в некоторых районах — бахчевые культуры. Чтобы обеспечить мобилизацию питательных веществ и накопить влагу, целину поднимали в ранние сроки и на некоторое время оставляли для парования. При повторном возделывании зерновых культур урожай их постепенно снижался.

Стало выгоднее оставлять участок под залежь и осваивать новый участок степной целины. Участок, оставленный под залежь, зарастал бурьяном, а спустя 15—20 лет, после появления на нем характерной для целины растительности, его вновь распахивали и использовали под посевы. Возвращение к распашке прежних участков земли привело к эволюции залежной системы в переложную.

Сущность этих систем состояла в воспроизводстве плодородия почвы с помощью различной травянистой растительности. Вслед-

ствии более высокого естественного плодородия почв степной зоны и благоприятной роли многолетней и другой травянистой растительности в воспроизводстве плодородия период для улучшения почвы по сравнению с лесной растительностью значительно сокращался. Посевы проводили в течение 6—8, иногда 10 лет, а затем после истощения и засорения почвы участок забрасывали в залежь на 25—30 лет.

Залежная и переложная системы земледелия были распространены в ряде стран, имеющих степные земли. В России их широко применяли в Центрально-Черноземной зоне, Заволжье, реже — на юге страны.

С развитием естественных наук, особенно теории питания растений, изменилось и научное обоснование этих систем земледелия. При господстве гумусовой теории питания повышение плодородия почвы под естественной травянистой растительностью объясняли накоплением гумуса (Тэер, Комов, Павлов). С созданием теории питания растений минеральными веществами снижение урожайности зерновых при посеве их в течение ряда лет после распашки целины стали объяснять обеднением почвы фосфором и другими питательными веществами (Либих и его последователи). С изучением процессов азотного питания растений повышение плодородия почвы под залежью стали объяснять восстановлением в ней запасов азота.

П. А. Костычев, исследуя образцы черноземных почв с целины и старопашни, установил отсутствие резкой разницы между ними в их химическом составе. Старопашотные черноземные почвы содержали также значительное количество гумуса. Вместе с тем целинные земли обладали значительно лучшей структурой почвы, чем старопашотные. Однако П. А. Костычев не считал утрату структуры почвы единственной причиной снижения урожайности однолетних зерновых культур после распашки целины. Землю оставляли в залежь не потому, что она истощалась, а из-за того, что культурные растения начали заглушаться сорными травами, бороться с которыми обычной обработкой невозможно. Поэтому было гораздо выгоднее перейти на новый степной участок.

Подсечно-огневая и лесопольная, залежная и переложная системы представляют первые примитивные формы земледелия, для которых характерны слабое использование земли под посевы (не более 25 %), длительный процесс восстановления плодородия почвы под влиянием естественной растительности, низкий выход продукции с единицы площади и большие затраты ручного труда.

Паровая система. Краткосрочные залежи, по мнению П. А. Костычева, не достигают цели, так как после их распашки поля сильно зарастают сорняками. Однако под влиянием хозяйственно-экономических условий срок залежи все больше уменьшался, а в свя-

зи с этим сокращалась и длительность использования распаханной залежи под посевы сельскохозяйственных культур.

Для уничтожения сорняков и лучшего использования земли под посевы стали вводить паровую обработку почвы. Так, между посевами зерновых появилось паровое поле, а переложная система в ряде случаев превратилась в переходную форму переложно-паровой, а чаще непосредственно в паровую.

Переход от примитивных систем к паровой стал важным шагом на пути интенсификации земледелия: улучшилось использование земли, значительно расширились посевы зерновых культур и увеличилось производство зерна.

Обработка почвы в паровом поле, особенно в сочетании с удобрением навозом, представляла уже активное вмешательство человека в естественные процессы, происходящие в почве, и позволяла поддерживать урожайность зерновых культур на более высоком уровне по сравнению с примитивными системами.

Паровая система земледелия характеризуется более высоким участием зерновых, занимающих от половины до $\frac{2}{3}$ и более площади пашни. Остальную часть ее занимают чистые пары.

Наиболее распространенными севооборотами паровой системы были двупольный (пар — зерновые), трехпольный (пар — 2 года зерновые), реже — четырехпольный (пар — 3 года зерновые).

Однако паровая система не благоприятствовала развитию животноводства. Кормовые культуры на полях, как правило, не возделывали.

Распашка природных кормовых угодий заставила использовать пар для выпаса скота, что резко снизило агротехническую роль этого поля и в то же время не избавило от кормового кризиса. Животноводство не имело прочной основы и получило название навозного. Но и задача производства достаточного количества навоза не могла быть выполнена из-за увеличивающейся площади пашни и паров. В результате средняя урожайность зерновых оставалась на уровне 0,5—0,7 т/га, а в засушливые годы не собирали даже семян.

В центральных районах России паровую систему земледелия стали применять еще в начале XVI в. Она получила широкое распространение и господствовала вплоть до 1917 г.

В Западной Европе паровую систему земледелия давно не применяют. Она сохранилась в зерновых хозяйствах засушливых районов США, Канады и ряда других стран, где это оправдано экономически.

Многопольно-травяная система. В некоторых приморских и горных районах разных стран с развитием животноводства возникла многопольно-травяная, или выгонная, система. При этой системе ограниченную часть земельной площади выделяли под

зерновые и другие культуры и не менее половины площади оставляли под естественным сенокосом и выпасом. Для повышения продуктивности естественные травы заменяли сеянными, используемыми в первые годы на укос, а затем как выгон. В связи с двояким использованием многолетних трав А. С. Ермолов считал более правильным называть эту систему не выгонной, а многопольно-травяной. Примером такой системы может служить мекленбургская система, возникшая в середине XVIII в. в Германии из паровой.

В районах и странах с более континентальным климатом многопольно-травяная система была менее эффективной по сравнению с плодосменной и другими системами с возделыванием ценных кормовых культур.

Многопольно-травяные севообороты получили некоторое приращение в сочетании с зернопаровыми в Нечерноземной зоне. Например, в хозяйстве А. Н. Энгельгардта в Смоленской области применялся такой севооборот: 1—6—многолетние травы; 7—лен; 8—пар; 9—рожь; 10—яровые; 11—пар; 12—рожь; 13—яровые; 14—пар; 15—рожь.

На ферме Петровской земледельческой и лесной академии (ныне РГАУ—МСХА) с 1871 по 1897 г. применяли 12-польный севооборот Марковского, в котором шесть полей было занято многолетними травами.

Многопольно-травяную систему земледелия применяют и в настоящее время в многоземельных малонаселенных странах, например в Австралии, с плотностью населения один человек на 1 км.

Большие площади посева бобовых трав (люцерны и клевера) позволяют вести земледелие без внесения азотных удобрений. Однако уровень производства продукции на 100 га пашни при этой системе невысок.

В России многопольно-травяная система в чистом виде не получила распространения, но отдельные ее элементы, например многопольно-травяные кормовые почвозащитные севообороты, с успехом применяют в сочетании с севооборотами других систем.

Паровая и многопольно-травяная системы земледелия по интенсивности значительно выше примитивных форм. Большая часть пахотно-пригодных земель превращена в пашню, однако значительные площади отведены под чистые пары. В посевах преобладают зерновые культуры или многолетние травы; высокопродуктивных кормовых и технических культур нет или ими заняты незначительные площади. Плодородие почвы поддерживается здесь за счет природных факторов, направляемых в той или иной мере человеком (посев трав, обработка паров) и в меньшей степени — средствами производства, поставляемыми промышленностью. Поэтому эти системы земледелия нельзя считать интенсивными.

Улучшенные зерновые системы. Интенсивные формы земледелия были известны еще в Древнем Риме, но широкое их применение в странах Западной Европы относится к XVIII и XIX вв.

В России замена паровой системы земледелия происходила в районах, где развивалось молочное животноводство или внедрялись посевы технических культур, главным образом в помещичьих хозяйствах. Здесь возникли разнообразные формы более интенсивного земледелия с применением полевого травосеяния.

Улучшение паровой системы осуществлялось за счет введения в зернопаровые севообороты многолетних трав. Таково, например, четырехполье И. И. Самарина, использовавшееся в Ярославской губернии в начале XIX в.: 1 — пар; 2 — озимые с подсевом клевера; 3 — клевер; 4 — яровые зерновые, или волоколамское восьмиполье: 1 — пар; 2 — озимые с подсевом клевера с тимофеевкой; 3, 4 — клевер с тимофеевкой; 5 — яровые зерновые; 6 — пар; 7 — озимые; 8 — яровые зерновые.

Многопольно-травяная система земледелия также постепенно переходила в улучшенную зерновую за счет сокращения площади под многолетними травами и увеличения посевов зерновых культур. Улучшенную зерновую систему земледелия с использованием травосеяния широко применяли в Нечерноземной зоне. В зерно-травяных севооборотах зерновые культуры занимали от половины до $\frac{2}{3}$ пашни, 15—25 % ее отводили под чистые пары и 20—30 % — под многолетние травы. Пропашные и зернобобовые отсутствовали или занимали незначительные площади. Плодородие почвы поддерживали с помощью многолетних трав, паровой обработки, применения удобрений, преимущественно навоза.

В Западной Европе севообороты, относящиеся к этой системе земледелия, были широко распространены в Германии, Австрии, в ряде районов Франции.

Дальнейшее развитие этой системы связано с сокращением площади чистых паров и заменой их занятыми, а также введением в севообороты пропашных культур и переходом к плодосменной системе. Такие переходные формы А. С. Ермолов называл улучшенной зерновой системой с более или менее развитым плодосменом.

В черноземных районах России паровую систему совершенствовали за счет введения посевов пропашных культур (сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза и др.). Такие же изменения претерпела паровая система земледелия и в районах картофелеводства Нечерноземной зоны.

В настоящее время эту форму улучшенной зерновой системы земледелия широко применяют в зерновых районах юга, юго-востока европейской части, меньше в Сибири. В этих условиях она наиболее эффективна и называется *паропропашной*.

В паропропашных севооборотах под зерновые культуры отводили от 50 до 70 % пашни, под пропашные, зернобобовые и крупяные — 15—20 %, чистые пары занимали 15—20 %. Поддержание и повышение плодородия почвы осуществляли с помощью интенсивной обработки паровых и пропашных полей, внесения удобрений, применения мер по сохранению и накоплению влаги. Борьбу с сорняками здесь вели с помощью паровых и пропашных полей.

Примером паропропашного севооборота может служить четырехполье, которое И. А. Стебут рекомендовал, например, для хозяйств со значительным удельным весом картофеля: 1 — пар; 2 — озимые; 3 — картофель; 4 — яровые. В районе свеклосеяния применяли аналогичное четырехполье с посевом после озимых сахарной свеклы.

В начале XX в. широкое распространение получило паропропашное пятиполье, где по пару высевали две зерновые культуры (две яровые культуры в Сибири или озимую и яровую на юго-востоке), затем пропашные и яровые зерновые.

К разновидности улучшенной зерновой системы земледелия можно отнести сидеральную, для которой характерен посев растений в паровом поле, а весь урожай запахивают в почву как зеленое удобрение. Возникновение этой системы относится к древним временам. Она была известна в Древней Греции, Римской империи и в странах Востока, но лишь в конце XIX в. Шульц-Люпитц в Германии сформулировал основы системы земледелия с применением зеленого и минерального удобрений. Она получила признание в странах с достаточно влажным климатом, но с бедными песчаными и супесчаными почвами. Основной культурой для зеленого удобрения служил горький однолетний люпин, многолетний люпин был менее распространен.

С выведением безалкалоидного кормового люпина его стали использовать как кормовое растение. На зеленое удобрение стали высевать люпин или другую культуру пожнивно, т. е. после уборки основной культуры. Вместе с тем сидеральная система утратила свою самостоятельность, так как пожнивные культуры можно возделывать при любой системе.

В современных условиях сидеральная система земледелия сохранилась лишь в некоторых районах Нечерноземной зоны, где высевают многолетний люпин, но и здесь зеленое удобрение не единственный способ поддержания плодородия почвы.

Травопольная система. С развитием полевого травосеяния и возникновением ряда систем земледелия, с посевом многолетних трав на полях эти системы решили объединить под названием «травопольное хозяйство». В. Г. Бажаев считал, что этот термин сродни немецкому, под которым в Германии подразумевали та-

кую систему полеводства, когда пахотную землю ряд лет используют под однолетние культуры, а несколько лет она служит кормовой площадью. Это понятие, как отмечал В. Г. Бажаев, объединяет как переложную систему, так и выгонную. С течением времени это понятие расширилось; оно включало и другие системы с возделыванием кормовых трав на полях, в том числе улучшенную зерновую с травосеянием.

А. Н. Шишкин также рассматривал травопольное хозяйство как тип (группу) систем полеводства. Он считал, что «лишь с заведением на полях травосеяния простые зерновые системы переходят в системы травопольные — улучшенную зерновую, выгонную и плодосменную».

Зерновую систему хозяйства А. И. Скворцов подразделил на три вида: парозерновую, травопольную и плодосменную. Под травопольной он подразумевал многопольно-травяную, степную переложную систему.

Таким образом, в конце XIX в. под травопольным хозяйством (или системой) понимали ряд систем, резко различающихся по интенсивности и основным признакам.

Дальнейшее развитие травопольная система земледелия получила в учении В. Р. Вильямса, который объединил улучшенный зерновой и многопольно-травяной севооборота в одну травопольную систему с двумя севооборотами: полевым и луговым. Такое сочетание было эффективным, особенно в период организации крупных коллективных и государственных хозяйств со значительной площадью сельскохозяйственных угодий. Организация севооборота с посевом многолетних трав и однолетних растений на лугах позволила в несколько раз повысить продуктивность естественных кормовых угодий. Развитие животноводства на этой основе способствовало увеличению количества навоза и повышению урожайности сельскохозяйственных культур в полевом зернотравяном севообороте.

Теоретической основой травопольной системы земледелия послужили представления о природном процессе почвообразования под естественной растительностью.

П. А. Костычев и В. В. Докучаев в 80-х годах XIX в., наблюдая за последствиями распашки степных черноземных почв после забрасывания участка в залежь, пришли к выводу о том, что плодородие почвы восстанавливается под воздействием естественной, последовательно сменяющейся травянистой растительности. Степная растительность способствовала накоплению перегноя в почве и образованию прочной зернистой структуры. Структурная почва, по мнению П. А. Костычева, может образоваться только на целине и залежи. Улучшение структуры должно оптимизировать водный режим почвы.

Признавая недостатки переложной системы, заключающиеся в большой длительности процесса восстановления условий плодородия, т. е. структуры почвы, П. А. Костычев и В. Р. Вильямс установили, что его можно ускорить.

Первую фазу дернового процесса почвообразования (фаза бурьянистого перелога) можно заменить обработкой почвы, так как в течение этой фазы создается грубая структура.

Вторую, и главную, фазу, т. е. образование мелкокомковатой структуры под воздействием корневой системы рыхлокустовых злаков, можно сократить посевом этих злаков на полях.

«Значение третьей фазы, — писал В. Р. Вильямс, — сводится к приданию структурным элементам прочности и к обогащению почвы перелога элементами зольной пищи растений и азотом глубоко вкореняющимися бобовыми. Тот же эффект и в этой же мере может быть достигнут в культуре одновременным и совместным посевом рыхлокустовых злаков и многолетних бобовых». Таковы три основных положения, на которых базируется травопольная система земледелия.

С тех пор как почву стали использовать в качестве средства сельскохозяйственного производства, эффективное плодородие создается под воздействием не только природных процессов, но и деятельности человека.

В. Р. Вильямс переоценил роль прочной структуры и многолетних трав как единственного средства воссоздания структуры. Он считал обязательным посев смеси многолетних злаковых и бобовых трав, так как одни бобовые якобы не могут решить эту задачу. Это противоречило многим фактам и мнению ряда ученых, в частности Д. Н. Прянишникова, который полагал, что бобовые в отличие от злаковых обладают двумя полезными свойствами: улучшают структуру почвы и обогащают почву азотом. Поэтому клевер и люцерна при нормальном развитии гораздо лучшие предшественники, чем многолетние травы из семейства злаковых. Это подтверждали результаты длительных опытов.

Основные положения о прочнокомковатой структуре как главным условием плодородия почвы, о смеси рыхлокустовых злаковых и бобовых трав как единственном средстве улучшения структуры почвы не получили подтверждения и в последующих опытах. Исследованиями научных учреждений и практикой земледелия доказана необоснованность утверждения о недопустимости посева озимых и пропашных культур по пласту многолетних трав.

На Северном Кавказе, в Центрально-Черноземной и Нечерноземной зонах, в некоторых других районах озимая пшеница и рожь остаются наиболее урожайными и основными зерновыми культурами, которые и по травяному пласту дают урожайность намного выше, чем яровая пшеница.

Наряду с севооборотами в травопольной системе земледелия большое значение придается обработке почвы. Особенно широкое распространение получила система зяблевой обработки почвы, состоящая из лущения жнивьей и вспашки. Качество обработки почвы благодаря применению плуга с предплужником и углублению пахотного слоя существенно повысилось, особенно на дерново-подзолистых почвах.

Опасаясь разрушения структуры почвы, безосновательно отрицались некоторые приемы и орудия обработки, например дисковые, для предпосевной обработки. Зубовые бороны и катки рекомендовали только для ухода за растениями.

Определенное развитие получила система удобрения, особенно необходимость сочетания органических и минеральных удобрений. Вместе с тем В. Р. Вильямс ошибался, считая бесполезным применение минеральных удобрений на бесструктурных почвах, а также рекомендуя употреблять навоз в виде перегноя-сырца. Несмотря на критику этой системы некоторыми учеными (Прянишников, Тулайков, Соколов и др.), травопольную систему в 30—40-х годах XX в. пропагандировали и повсеместно рекомендовали как единственно правильную и прогрессивную. Однако в дальнейшем она не нашла применения в земледелии нашей страны.

Полевое травосеяние не следует отождествлять с травопольной системой. Его применяют в разных системах земледелия (многопольно-травяной, улучшенной зерновой, плодосменной), резко различающихся по интенсивности.

Улучшенная зерновая и травопольная системы представляют переходные формы от экстенсивного земледелия к интенсивному. Они отличаются от предыдущих экстенсивных систем более полным использованием пахотной земли, введением в севообороты пропашных культур или многолетних трав.

Благодаря развитию земледельческой техники улучшилась обработка почвы. В связи с ростом поголовья скота увеличилось количество органических удобрений, лучше стали удобрять поля. Таким образом, возросла роль активной деятельности человека в восстановлении и повышении плодородия почвы, повысилась урожайность сельскохозяйственных культур. Однако при этих формах земледелия возможности интенсификации оставались неиспользованными.

Плодосменная система. В странах Западной Европы переход от залежной и паровой зерновой систем земледелия к более интенсивным системам совершался значительно быстрее, чем в России. Наибольшее распространение из них получила плодосменная система.

Начало этой системы было положено во Фламандии и Фландрии (нынешние Бельгия и Нидерланды) в XVI и XVII вв. Она бы-

стро заняла господствующее положение в Англии, а затем во Франции (XVIII в.) и несколько позднее в Германии (XIX в.).

Важнейшие признаки плодосменной системы — распашка естественных кормовых угодий и превращение их в пашню, за исключением части высокопродуктивных лугов; возделывание кормовых, наиболее выгодных культур на полях; ликвидация чистых паров и замена их бобовыми травами; чередование культур, истощающих и обогащающих почву (плодосмен).

Переход к этой системе земледелия означал, что чисто зерновое хозяйство уступило место хозяйству с развитым животноводством и возделыванием технических (сахарная свекла, картофель) и других пропашных культур. Развитие животноводства способствовало расширению посевов клевера и других бобовых трав и кормовых корнеплодов.

В Англии сложился типичный для многих ее районов норфолкский севооборот: 1 — озимая пшеница; 2 — кормовые корнеплоды; 3 — ячмень с подсевом клевера; 4 — клевер. В этом севообороте наиболее типичное для плодосменной системы земледелия соотношение культур: зерновые — 50 %, пропашные — 25 и травы — 25 %. Для плодосмена характерен отказ от чистого пара, чему способствовали климатические условия Западной Европы — достаточное количество осадков и довольно продолжительный период вегетации, допускающий проведение хорошей подготовки почвы под озимые после уборки клевера, заменившего паровое поле. Внедрению плодосменных севооборотов в ряде случаев способствовали также неудачи с возделыванием на постоянных участках сахарной свеклы (Франция), корни которой поражались нематодами, накапливающимися в почве во все больших количествах. В результате свеклу стали вводить в севооборот как пропашную культуру.

Пытаясь приспособить плодосмен к условиям России, А. В. Советов подчеркивал, что плодосменная система земледелия обладает большой гибкостью. Чаще всего одно из полей в плодосменных севооборотах занимают клевером и другими бобовыми травами, однако встречаются севообороты и без многолетних трав с посевом однолетних бобовых растений, убираемых на зеленый корм или на сено (вика, различные однолетние мешанки), или на зерно (горох, бобы, фасоль и др.).

Включение в севооборот сахарной свеклы, кормовых корнеплодов, картофеля как культур, требовательных к более глубокой обработке почвы, заставляло проводить и более глубокую вспашку, а также вспашку плугами с почвоуглубителями. Навоз вносили под пропашную культуру, наиболее отзывчивую на это удобрение; вместе с тем последствие навоза положительно сказывалось на всех культурах севооборота.

Переход от парозернового трехполья к плодосменной системе земледелия в сочетании с усиленным удобрением и более глубокой обработкой почвы способствовал тому, что средняя урожайность пшеницы в Западной Европе возросла с 0,7—0,8 т/га (XVIII в.) до 1,6—1,7 т/га (1840—1880 гг.), а использование минеральных удобрений на фоне плодосмена повысило урожайность до 2,5—3,0 т/га (1900—1930 гг.) и до 4,0 т/га и более в последующее десятилетие.

В России плодосменную систему стали пропагандировать уже в конце XVIII в. (И. М. Комов). Страстными защитниками ее в начале и середине XIX в. были М. Г. Павлов, А. В. Советов и др.

В дореволюционной России плодосменную систему земледелия применяли успешно лишь в отдельных помещичьих хозяйствах (главным образом в свеклосеющих). К условиям одностроннего зернового и даже зерново-животноводческого хозяйства она не подходила. Крестьянские хозяйства не могли перейти к плодосмену из-за отсутствия необходимых экономических условий. Этому мешало и общинное землепользование. В начале XX в. о преимуществе плодосменных севооборотов говорил Д. Н. Прянишников.

По современным представлениям, в плодосменных севооборотах наиболее удачно решены вопросы повышения плодородия почв — внесение навоза, посевы бобовых трав, глубокая обработка почвы и борьба с сорняками, более совершенные обработка почвы и уход за пропашными культурами.

Промышленно-заводская система. Ряд крупных ученых-агрономов и экономистов дореволюционной России считали наиболее эффективной промышленно-заводскую, или огородную (овощеводческую) систему, основанную на интенсификации труда, достаточном внесении удобрений и почти не зависящую от климата и почвы.

А. В. Советов отмечал, что в России во второй половине XIX в. в отдельных местах паровая система уже давным-давно забыта и заменена новыми. К таким районам он относил Ярославскую губернию. Здесь, в Ростовском огородничестве, возделывали картофель для крахмальной и винокуренной промышленности, разводили подсолнечник и сахарную свеклу. В 1890 г. А. И. Скворцов писал, что в хозяйствах технических плодосменная система земледелия имеет резко выраженный характер: «здесь не только не допускают последовательного возделывания двух злаков, но чаще, наоборот, допускают возделывание двух корнеплодов даже одного вида».

Однако эта система в дореволюционной России была распространена еще меньше, чем плодосменная. Плодосменная и особенно промышленно-заводская системы представляют наиболее интенсивные формы земледелия.

Все пахотнопригодные земли используют под посевы ценных зерновых, зернобобовых, технических и высокопродуктивных кормовых культур. Оставшуюся площадь лугов превращают в высокопродуктивные сенокосы и пастбища. Состав культур и их соотношение зависят от специализации хозяйства и природно-экономических условий.

Чистые пары применяют лишь периодически. Многолетние, преимущественно бобовые, травы в основных севооборотах занимают сравнительно небольшую долю пашни или совсем не возделываются. На участках, подверженных водной или ветровой эрозии, доля трав возрастает.

Повышение плодородия почвы при интенсивных системах земледелия осуществляют усиленным круговоротом питательных веществ, внесением органических и минеральных удобрений, хорошей обработкой почвы, регулированием микробиологических процессов, применением химических и других средств борьбы с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, проведением мелиоративных мероприятий, а также высоким уровнем механизации.

Следует подчеркнуть, что интенсивная система земледелия не всегда рациональна. Опыт мирового земледелия показывает, что при высокой землеобеспеченности и сложных климатических условиях выгодно вести зерновое хозяйство при минимальных затратах труда и средств, тогда как в густонаселенных местностях при благоприятном климате целесообразно развивать более трудоемкие отрасли и применять интенсивные системы земледелия.

Примитивные системы земледелия ушли в прошлое. Многопольно-травяная система земледелия и прежде не имела распространения. В современной зернопаровой системе, в отличие от дореволюционной, применяют хорошую технику, более эффективные приемы обработки почвы, удобрения, проводят лесомелиоративные и противоэрозионные мероприятия, посев лучших сортов. Ее используют в засушливых районах, где возделывание пропашных и бобовых культур ограничено.

Дальнейшее развитие и широкое распространение получила улучшенная зерновая система с применением травосеяния, особенно в льноводных районах Нечерноземной зоны. Совершенствование ее шло при помощи замены чистых паров занятыми, сокращения сроков использования многолетних трав, увеличения количества применяемых удобрений, особенно промышленных, известкования кислых почв, углубления и окультуривания пахотного слоя дерново-подзолистых почв, внедрения новых высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур.

В севооборотах с улучшенной зерновой системой земледелия многие хозяйства часть поля занимают пропашными культурами

(картофель, кукуруза и др.), что свидетельствует о переходе к более высокой системе земледелия.

В районах с интенсивным использованием сахарной свеклы, подсолнечника, кукурузы и других растений ширококорядного посева, где развивали зерновую систему земледелия с посевом пропашных культур, улучшилась обработка почвы, увеличилось применение удобрений, повысилась культура земледелия. Эту разновидность улучшенной зерновой системы земледелия широко применяют в настоящее время в засушливых условиях Северного Кавказа и Центрально-Черноземной зоны, в Среднем и Нижнем Поволжье, частично в Западной Сибири. Важная составная часть системы земледелия в этих районах — полезащитное лесоразведение, которое ослабляет действие засухи и суховеев и защищает почву от эрозии.

Дифференциация улучшенной зерновой системы земледелия достигла такой степени, что обе ее разновидности выделились в самостоятельные формы: с травосеянием — зернотравяная, с пропашными культурами — зернопаропропашная.

Значительное развитие получили интенсивные системы земледелия. В промышленных районах Нечерноземной зоны, в лесостепной полосе и на орошаемых землях других зон широко применяют плодосменную систему. В плодосменных севооборотах зерновыми колосовыми занимают примерно 50 % пашни, другую половину площади отводят под бобовые и пропашные культуры (кормовые и технические).

Удельный вес бобовых (непропашных) может достигать до 25 %, пропашных — до 50 %. Чистые пары отсутствуют. Применяют посевы промежуточных культур. Многолетние травы используют обычно один год, а затем сеют озимые культуры. Реже вместо бобовых трав высевают зернобобовые или пропашные культуры. Особенность агротехники при плодосменной системе земледелия состоит в соблюдении принципа плодосменности, применении органических и минеральных удобрений, осушении заболоченных земель и орошении почв в засушливых районах, применении мероприятий по защите почвы от водной эрозии.

Дальнейшее развитие получила промышленно-заводская система земледелия, названная в современной науке и практике пропашной. Ее применяют в хозяйствах, выращивающих технические и кормовые пропашные культуры, а также в специализированных овощекартофелеводческих хозяйствах. При этой системе земледелия пропашные культуры занимают большую часть пашни, их высевают в севооборотах два года подряд и более. Чистые пары отсутствуют. Получают распространение посевы вторичных и промежуточных культур. Важную роль в повышении плодородия почвы в пропашной системе земледелия играют более тщательная

обработка почвы, внесение значительных количеств органических и минеральных удобрений, орошение земель в засушливых районах и осушение в избыточно увлажненных, борьба с эрозией почвы, особенно с водной.

Наряду с этим в некоторых зонах пропашные культуры занимают меньшую часть пашни, а большую отводят под зерновые, что нашло отражение в зернопропашных севооборотах. Возделывание пропашных культур с многолетними травами послужило основой травянопропашных севооборотов. Возникла необходимость в дальнейшей дифференциации пропашной системы земледелия.

В крупных хозяйствах с неоднородными почвами и возделывающих много различных сельскохозяйственных культур часто приходится сочетать севообороты, основанные на разных принципах и отражающие разные системы земледелия. Поэтому любая схема не может вместить все разнообразие форм земледелия, но она выражает главные из них и показывает направление развития земледелия.

Многосторонняя роль различных севооборотов в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и воспроизводстве плодородия почв во второй половине XX в. послужила основанием для классификации существовавших систем земледелия. Так, с учетом работ С. А. Воробьева, В. И. Румянцева, В. П. Нарциссова название севооборотов вошло в название систем земледелия: зернопаровая, зернопропашная, зернопаропропашная, зернотравяная, плодосменная, пропашная (промышленно-заводская).

Сущность их состоит в следующем.

Зернопаровая система земледелия. При этой системе в посевах на пашне преобладают зерновые продовольственные (озимая пшеница, яровая пшеница, рожь) и фуражные (ячмень, овес и др.) культуры. Значительные площади (от 5 до 25 %) отводят под чистые пары. Данная система обеспечивает высокий выход зерна с 1 га севооборотной площади. Плодородие почвы поддерживается и повышается за счет использования органических и минеральных удобрений, почвозащитных мероприятий (полосное размещение пара и т. д.), влагонакопления и очищения от сорняков в пару, соответствующих обработок почвы.

Зернопропашная система земледелия. Зерновые и пропашные культуры в этой системе занимают основную часть пашни. Она интенсивнее, чем паровая, обеспечивает наибольший выход растениеводческой продукции с 1 га севооборотной площади, что сопровождается высоким выносом питательных веществ из почвы. Плодородие почвы поддерживается и повышается за счет внесения высоких доз органических и минеральных удобрений, а также обработки почвы. В связи с отсутствием в севооборотах чистого пара необходимо применять гербициды.

Зернопаропропашная система земледелия. Большую часть пашни в этой системе занимают зерновыми, пропашными культурами, чистым паром. По интенсивности она уступает зернопропашной системе земледелия, но выше зернопаровой. Обеспечивает высокий выход зерна, кормов и другой продукции с 1 га севооборотной площади. Вынос питательных веществ из почвы высокий. Для поддержания и повышения плодородия почвы нуждается в применении высоких доз органических и минеральных удобрений, почвозащитных мероприятий. В связи с наличием в севооборотах чистого пара требует меньшего применения пестицидов, чем зернопропашная.

Зернотравяная система земледелия. При данной системе не менее половины площади пашни занимают зерновые продовольственные и фуражные культуры в сочетании с посевом трав. Чистые пары отсутствуют. Обеспечивает средний выход зерна с 1 га севооборотной площади и хороший, с высоким содержанием протеина выход сочных и грубых (сена) кормов. В засушливых районах из-за недостатка влаги может значительно снижать продуктивность. Обладает высокой почвозащитной способностью за счет посевов многолетних трав и зерновых сплошного высева. При введении в севообороты чистых паров продуктивность повышается. Воспроизводство плодородия обеспечивается за счет выращивания трав, особенно многолетних, применения органических и минеральных удобрений.

Плодосменная система земледелия. При этой системе зерновые занимают не более половины площади пашни, а на остальной площади возделывают пропашные и бобовые культуры. Обеспечивает высокий выход растениеводческой продукции с 1 га севооборотной площади. Сопровождается высоким выносом питательных веществ из почвы. Нуждается в больших дозах органических и минеральных удобрений, пестицидах.

Плодородие почвы поддерживается и повышается плодосменом — чередованием зерновых, бобовых и пропашных культур, применением удобрений и почвозащитных мероприятий.

Пропашная (промышленно-заводская) система земледелия. Большую часть пашни занимают интенсивными пропашными культурами (кукуруза на зерно, сахарная свекла, подсолнечник, клевер и др.). Кроме того, применяют посеvy повторных и промежуточных культур. Обеспечивает высокий выход продукции с 1 га севооборотной площади. Сопровождается очень большими выносом питательных веществ и физическими нагрузками (уплотнение, распыление) на почву в связи с интенсивной обработкой. Требует обязательного применения почвозащитных и почвоулучшающих мероприятий. Плодородие почвы поддерживают и повышают за счет применения больших доз органических и минераль-

ных удобрений. Для успешной борьбы с сорняками, возбудителями болезней и вредителями необходимы пестициды.

Данные системы земледелия носили зональный характер и учитывали зональные ландшафтные особенности территории и не могли полностью учитывать все многообразие природно-экономических условий сельскохозяйственных предприятий.

Системы земледелия в районах проявления дефляции при освоении противоэрозионных мероприятий (плоскорезной, бесплужной обработки почвы, кулисных паров, стерневых сеялок и др.) называются *почвозащитными*. В то же время освоение контурно-мелиоративной организации территории землепользования хозяйств в районах проявления водной эрозии и применения специальных приемов обработки почвы послужило основанием назвать эти системы земледелия *контурно-мелиоративными*.

Дальнейшая экологизация производства продукции растениеводства способствовала новому этапу развития земледелия на основе ландшафтного подхода. Разработанные системы земледелия по этому принципу называют *ландшафтными*. Термин «ландшафтная» в названии системы означает, что она встроена в структуру конкретных агроландшафтов в соответствии с оценкой их экологических условий.

4.3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Понятие о системах земледелия. По мере развития земледелия совершенствовались методы, способы и технологии производства продукции растениеводства, использования земли и воспроизводства плодородия почв. Вместе с этим изменялось научное представление о системах земледелия. Вначале в основу понятия «систем земледелия» были положены способы использования земли, восстановления и поддержания почвенного плодородия. Затем постепенно добавлялись другие признаки, такие, как земельные отношения и формы земледельвания (Советов), получение наивысшей прибыли (Павлов, Линовский, Людоговский), соотношение сельскохозяйственных угодий и культур в севообороте (Ермолов), система земледелия как комплекс агротехнических мероприятий (Вильямс). Такое понимание систем земледелия на каждом этапе исторического развития соответствовало состоянию сельского хозяйства и промышленного производства России.

Во второй половине XX в. системы земледелия приобретают техногенный характер. Благодаря полной механизации технологических процессов производства растениеводческой продукции в основном все пахотнопригодные земли вовлекаются в сельскохо-

зяйственный оборот. Восстановление, поддержание и повышение плодородия почв осуществляются за счет применения органических и минеральных удобрений, химических средств защиты растений.

Вместе с интенсификацией сельскохозяйственного производства в земледелии развиваются и негативные процессы — водная эрозия, дефляция, загрязнение водоемов химическими элементами минеральных удобрений и почв тяжелыми металлами, метаболитами пестицидов. Это приводит к разработке более совершенных почвозащитных, контурно-мелиоративных систем земледелия.

Современный этап развития систем земледелия характеризуется устойчивой тенденцией к росту затрат невозполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции, сильной зависимостью величины и качества урожая от погодных условий, все возрастающей опасностью загрязнения и разрушения природной среды. Преодоление этих и других негативных последствий односторонней химико-техногенной интенсификации земледелия требует разработки качественно новых подходов к его дальнейшему развитию на основе интеграции естественных, агрономических и социально-экономических наук.

Таким образом, на всех этапах развития агрономической науки в России проблема систем земледелия чрезвычайно актуальна. Это объясняется традиционным аграрным характером страны, многообразием почвенно-климатических и ландшафтных условий, товарной неустойчивостью и частыми неурожаями, приводившими к массовому голоду.

В разные периоды в понятие «система земледелия» вкладывался неодинаковый смысл. Однако независимо от этого процесс возделывания сельскохозяйственных культур осуществлялся в форме упорядоченной системы, поскольку он отмечается чрезвычайной сложностью взаимодействия как факторов жизни растений в продукционном процессе, так и взаимодействием биосферно-ландшафтов, биосферы и биосферы в целом.

Согласно ГОСТ 16265—89 система земледелия определяется как «комплекс взаимосвязанных организационно-экономических, агротехнических, мелиоративных, почвозащитных мероприятий, направленных на эффективное использование земли, агроклиматических ресурсов, биологического потенциала растений, на повышение плодородия почвы с целью получения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур».

Эволюция научных и технологических основ систем земледелия, перевод их на ландшафтную основу вызывают необходимость уточнить термин (понятие) современной системы земледелия. Такое уточнение должно отвечать ландшафтно-биосферосовмести-

мости, при которой производство продукции базируется в первую очередь на адаптивном использовании природных ландшафтов.

Под современной системой земледелия следует понимать научно обоснованный комплекс методов и технологий производства продукции растениеводства, адаптированный к агроландшафтам и ресурсно-энергетическому потенциалу хозяйства, обеспечивающий оптимальную агроэкологическую эффективность.

Основная цель современных систем земледелия — производство экологически и экономически обоснованной, конкурентоспособной продукции растениеводства.

Методы производства растениеводческой продукции. В настоящее время в системах земледелия используют различные методы производства растениеводческой продукции, которые реализуют через определенные технологии. Их название и сущность обусловлены историческим процессом развития земледелия. Разнообразие методов и технологий производства продукции позволяет оптимизировать использование различных агроландшафтов.

Примитивный метод. На природных кормовых угодьях с естественным травостоем (пастбища, сенокосы) используют примитивный метод производства зеленых кормов, сена и сенажа. При этом методе возобновление многолетних трав и воспроизводство плодородия почв происходят в основном за счет природных процессов. Роль человека сводится к регулированию (технологии) использования естественных угодий посредством составления графика стравливания пастбищ, сроков и высоты скашивания трав сенокосов. В этом случае достигают высокой агроэколого-экономической эффективности, т. е. обеспечивается экологическая устойчивость ландшафта при низкой себестоимости продукции. К недостаткам примитивного метода относится часто низкая продуктивность некоторых кормовых угодий различных агроландшафтов.

Экстенсивный метод. Применяют при отсутствии минеральных и недостатке органических удобрений в основном на равнинных агроландшафтах с высоким уровнем почвенного плодородия (черноземы, темно-серые лесные почвы). Воспроизводство плодородия почв осуществляют за счет научно обоснованных севооборотов, в структуре которых представлены почвоулучшающие культуры (многолетние травы, зерновые бобовые, сидеральные), а также чистые и занятые пары. Кроме того, применяют навоз, солому, зеленые удобрения. При данном методе используют различные технологии по интенсивности применения обработки почвы и ухода за растениями, сорта сельскохозяйственных культур. Защиту растений от вредных организмов осуществляют агротехническим методом. Урожайность сельскохозяйственных культур при данном методе средняя для условий региона с хорошим качеством продукции.

Техногенно-химический метод. Широко применяется при производстве продукции на пахотных землях различных агроландшафтов. Сущность его состоит в том, что наряду с применением современного комплекса сельскохозяйственных машин, оснащенных активными и пассивными рабочими органами, используют минеральные удобрения, пестициды, ингибиторы нитрификации, ростовые вещества и т. д. Воспроизводство органического вещества почвы происходит в основном за счет растительных остатков многолетних трав, частичной заправки соломы зерновых культур и средних доз навоза. Это обеспечивает получение планируемых урожаев сельскохозяйственных культур в севооборотах различной специализации.

Однако интенсивное применение химических средств и тяжелой техники приводит к деградации агроландшафтов (невосполнимому разложению гумуса, уплотнению подпахотных слоев, загрязнению почвы, грунтовых вод и водных источников химическими элементами минеральных удобрений, тяжелых металлов, метаболитами пестицидов), а также к снижению эффективности вносимых средств.

Биологический метод. Основан на применении органических и бактериальных удобрений, биологических средств защиты растений от вредных организмов, биостимуляторов физической природы, биогумуса, севооборотов с многолетними травами, сидеральным паром и бобовыми культурами. Этот метод целесообразно использовать на равнинных землях при производстве продукции, предназначенной для приготовления детского и диетического питания, а также овощей, употребляемых в свежем виде.

Эколого-адаптивный метод. Включает применение экологически обоснованных доз минеральных и органических удобрений, интегрированную защиту растений, ресурсосберегающие технологии обработки почвы, севообороты с культурами, адаптированными к условиям агроландшафта по уровню плодородия и гранулометрическому составу почв, влаго- и теплообеспеченности, крутизне и экспозиции склона.

Применение минеральных удобрений в этом методе по сравнению с другими требует больше информации и знаний о конкретном агроландшафте и агроценозе. Их дозы и сроки внесения должны быть обоснованы с учетом биологических и щелочно-кислотных свойств почвы. Экологизация воспроизводства плодородия почв осуществляется интенсивным применением органических удобрений всех типов. Органические удобрения не только содержат все питательные элементы в усвояемой форме для возделываемых растений, но и обеспечивают почвенную биоту необходимой энергией.

Данный метод производства продукции растениеводства применяют, обеспечивая рациональное использование и экологичес-

кую безопасность агроландшафта. Это стало возможным благодаря достижениям агрономической науки и знаниям смежных дисциплин.

Предмет, объект и метод исследования систем земледелия. Предметом исследований «Систем земледелия» как научной дисциплины являются методы и технологии производства продукции растениеводства, адаптация их к различным природным и социальным условиям. Обоснование, разработка и применение методов и технологий для конкретных условий хозяйствования базируются на знаниях не только агрономии, но и ландшафтоведения, землеустройства, экологии, экономики и др.

Поскольку современное земледелие — многокомпонентная система, то ее составные части находятся во взаимосвязи с внешней средой. По типу связи с природной средой система земледелия относится к открытым системам, характеризующимся постоянным обменом вещества и энергии. Кроме того, природная среда очень изменчива, и поведение ее труднопредсказуемо. Поэтому объектом исследования в системах земледелия являются разнообразные связи ее элементов между собой, агроландшафтами, материально-техническим и финансовым обеспечением хозяйствующих субъектов, погодными условиями, спросом и предложением продукции на рынке и др.

Наличие сложных взаимосвязей в системе земледелия не позволяет без заметной потери информации изучать отдельные ее части в изоляции. Именно из-за определяющего характера связей система в целом всегда более сложна, чем сумма ее элементов. Одни и те же элементы в зависимости от характера объединения могут образовывать разные по свойствам системы. Поэтому продуктивность системы будет определяться не столько составляющими ее элементами, сколько уровнем управления их взаимодействием.

Одна из важнейших связей в системе земледелия — связь между ландшафтом и растениями, изучение которой позволяет оценить пригодность различных агроландшафтов для возделывания сельскохозяйственных культур. Познание этих взаимосвязей позволяет, с одной стороны, размещать культуры по ландшафтам или его элементам в соответствии с требованиями культур, с другой — обеспечивать экологическую безопасность агроландшафтов. При этом важно обосновать специализацию хозяйства с учетом потребности общества в продукции растениеводства.

Объектами исследования в системах земледелия являются взаимосвязи между основными звеньями: системами севооборотов, удобрения, обработки почвы, защиты растений, семеноводства, мелиорации, технологиями возделывания культур и др., а также между отдельными элементами системы.

Следовательно, разработка современных систем земледелия осуществляется с учетом крутизны и экспозиции склонов, уровня плодородия почв, гидрологического режима и других свойств агроландшафта. Соответствие агроэкологических требований сельскохозяйственных культур ландшафтным условиям позволяет оптимизировать технологии их возделывания, кроме того, агроландшафтам различной крутизны склонов должны соответствовать культуры, севообороты, обработка почвы и т. д.

Метод исследования систем земледелия — системный анализ. В узком смысле *системный анализ* — это совокупность методов и средств исследования и проектирования сложных объектов, позволяющих прогнозировать развитие всей системы в целом и используемых для подготовки и обоснования организационных, технологических и других решений.

В широком смысле системный анализ — это стратегия научного поиска, которая включает формальные и неформальные методы, объединяющие практический опыт с количественным анализом. Он способствует более строгому логическому обоснованию постановки проблем в конкретных науках и выработке эффективных стратегий их изучения, ориентирует исследование на раскрытие целостности изучаемого объекта, на выявление сложных взаимосвязей и возможных последствий принимаемых решений. Качество решений повышается, когда на всех этапах системный метод основывается на количественном анализе с использованием адекватных моделей и компьютерных программ.

Традиционные подходы к проектированию систем земледелия, основанные на практическом опыте, интуиции, несложных расчетах, не обеспечивают желаемого эффекта. Принимаемые на их основе решения бывают далеки от оптимальных. Системный анализ позволяет объединить разные факты, рассмотреть перспективы развития различных процессов — почвенных, биологических, экономических, экологических, методов и технологий производства продукции, воспроизводства плодородия почв, способов использования агроландшафтов, их связи с другими явлениями, учесть их взаимообусловленность. Он предполагает проведение исследований систем земледелия в определенной последовательности, которая заключается в выявлении проблемы, разработке метода ее решения и реализации этого решения.

На начальном этапе проектирования необходимо установить причины низкой продуктивности систем земледелия; факторы, ограничивающие повышение эффективности производства продукции земледелия на различных элементах агроландшафта; наличие экологической сбалансированности элементов системы земледелия. После этого формулируют проблему.

Наиболее часто встречающиеся проблемы в современном земледелии — защита почвы от эрозии, воспроизводство плодородия почвы, качество продукции, экологическая безопасность, интенсификация и специализация земледелия, повышение продуктивности мелиорируемых земель, оптимизация факторов интенсификации земледелия с учетом ресурсного потенциала хозяйства и др. Многие проблемы взаимосвязаны, в этом случае важно установить главную из них и сопутствующие.

Определив проблему, необходимо конкретизировать задачу исследования с таким расчетом, чтобы она имела аналитическое решение. При этом должны быть сохранены все составные части проблемы, имеющие практическое значение. Излишнее усложнение затрудняет последующее моделирование. При значительном упрощении задачи результаты системного исследования проблемы могут привести к неоптимальным решениям.

После постановки задачи необходимо определить цели, которые будут неравнозначными. Так, при решении задач по воспроизводству плодородия почвы первостепенным является простое воспроизводство органического вещества, поскольку оно положительно влияет на различные свойства почвы. Другие цели имеют второстепенное значение.

Для достижения поставленных задач при проектировании систем земледелия используют нормативы и методы оценки плодородия почв и пригодности их для возделывания сельскохозяйственных культур, организации территории землепользования, прогноза гумусового баланса, программирования урожайности, определения оптимальных доз удобрений, расчета водопотребления и норм полива культур, разработки структуры посевной площади, составления системы севооборотов и обработки почвы, защиты растений, оценки качества продукции, экономической эффективности и др. При этом необходимо использовать зональные нормативные данные.

Для выявления взаимосвязей между подсистемами, их элементами, внешней средой важно установить структуру систем земледелия. Структура — это взаиморасположение составных частей, отражающих их взаимодействие. Количество связей в системах земледелия велико. Учесть и исследовать абсолютно все связи практически невозможно и нецелесообразно, так как многие из них несущественны, не влияют на функционирование системы и качество принимаемых решений. Степень расчленения системы зависит от цели системного анализа. Если требуется более детальный анализ одной или нескольких подсистем, то их структуры разрабатывают отдельно (структура севооборотов, обработки почвы, удобрения, защиты растений и т. д.).

Структура и содержание систем земледелия. Система земледелия состоит из множества элементов. Управлять разрозненными эле-

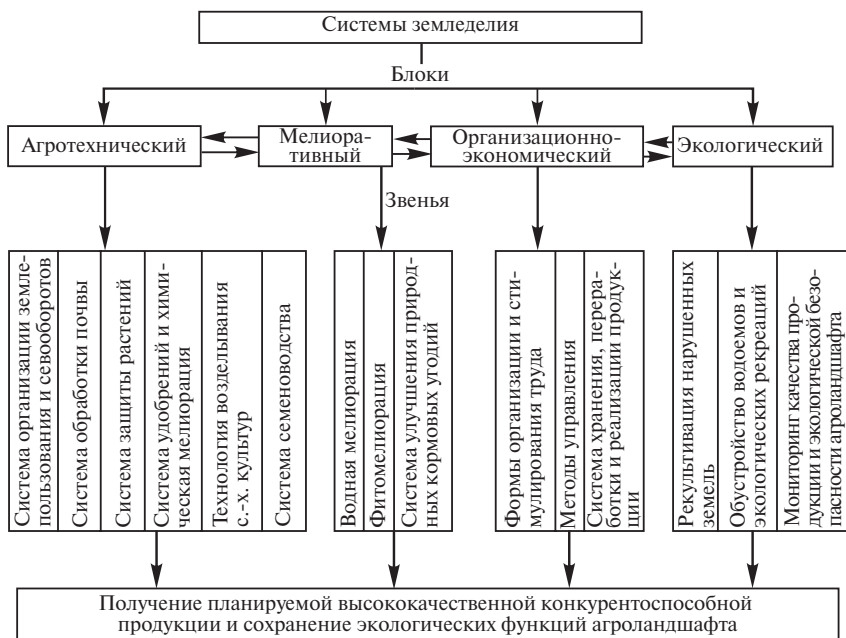


Рис. 46. Структура современных систем земледелия

ментами очень сложно. Поэтому их объединяют по основополагающим функциям в крупные блоки (составные части): агротехнический, мелиоративный, организационно-экономический, экологический (рис. 46).

Каждый блок подразделяют на несколько звеньев по технологическим функциям (кроме организационно-экономического), на основании которых формируются экологически безопасные технологии производства продукции. Звенья агротехнического, мелиоративного, экологического блоков включают комплекс необходимых машин для выполнения соответствующих технологических приемов.

В организационно-экономический блок входят обоснование форм организации и стимулирования труда, методов управления производственными процессами и принятие управленческих решений в трудовых коллективах, система маркетинга и реализации продукции.

Каждая структурная единица систем земледелия направлена на выполнение двуединой цели — получение планируемой высококачественной конкурентоспособной продукции и сохранение экологических функций агроландшафта.

Все структурные единицы системы земледелия находятся во взаимосвязи между собой и агроландшафтом. В центре этого взаимодействия располагается агроландшафт, являющийся энергетической основой производства продукции растениеводства. Благодаря солнечной энергии, приходящей на поверхность агроландшафта, и энергетическому потенциалу органического вещества и минеральных соединений обеспечивается жизнедеятельность растений и почвенной биоты.

Любое воздействие на агроландшафт как основу земледелия не должно нарушать его экологическую безопасность, поэтому первоочередной задачей является проведение природоохранной организации территории землепользования и системы севооборотов. В зависимости от вида, состояния и свойств агроландшафтов определяют методы их использования, организуют севообороты с учетом пригодности почв для возделывания сельскохозяйственных культур.

Взаимосвязи между агротехническими звеньями осуществляются через севообороты, размещенные на определенных агроландшафтах. Так, система удобрения культур севооборота зависит от уровня почвенного плодородия. Система обработки почвы будет определяться свойствами ландшафта, сельскохозяйственными культурами, их чередованием и системой удобрения. В свою очередь система защиты растений учитывает все названные звенья.

Технологии возделывания культур и воспроизводство плодородия почвы опираются на агротехнические звенья. Количество и качество растениеводческой продукции, получаемой в системе, определяется свойствами агроландшафта и технологиями производства. В то же время часть полученного дохода от реализации продукции может быть направлена на совершенствование агротехнологий.

Стрелки в схеме (рис. 47) указывают на согласованность и динамичность всех звеньев системы земледелия. Изменение параметров одного звена влечет за собой уточнение других. Следовательно, совершенствование систем земледелия возможно только с учетом всех ее звеньев.

Функционирование системы земледелия осуществляется на основе научно обоснованного управленческого решения по использованию земли, ресурсного и финансового потенциала хозяйства (рис. 48). Согласно схеме агроландшафты и ресурсы (семена, удобрения, пестициды, сельскохозяйственная техника и др.) соединяют в адаптивные агротехнологии, в результате которых получают растениеводческую продукцию. Произведенную продукцию реализуют на рынке. Вырученные финансы распределяют на воспроизводство израсходованных ресурсов, почвенного плодородия.

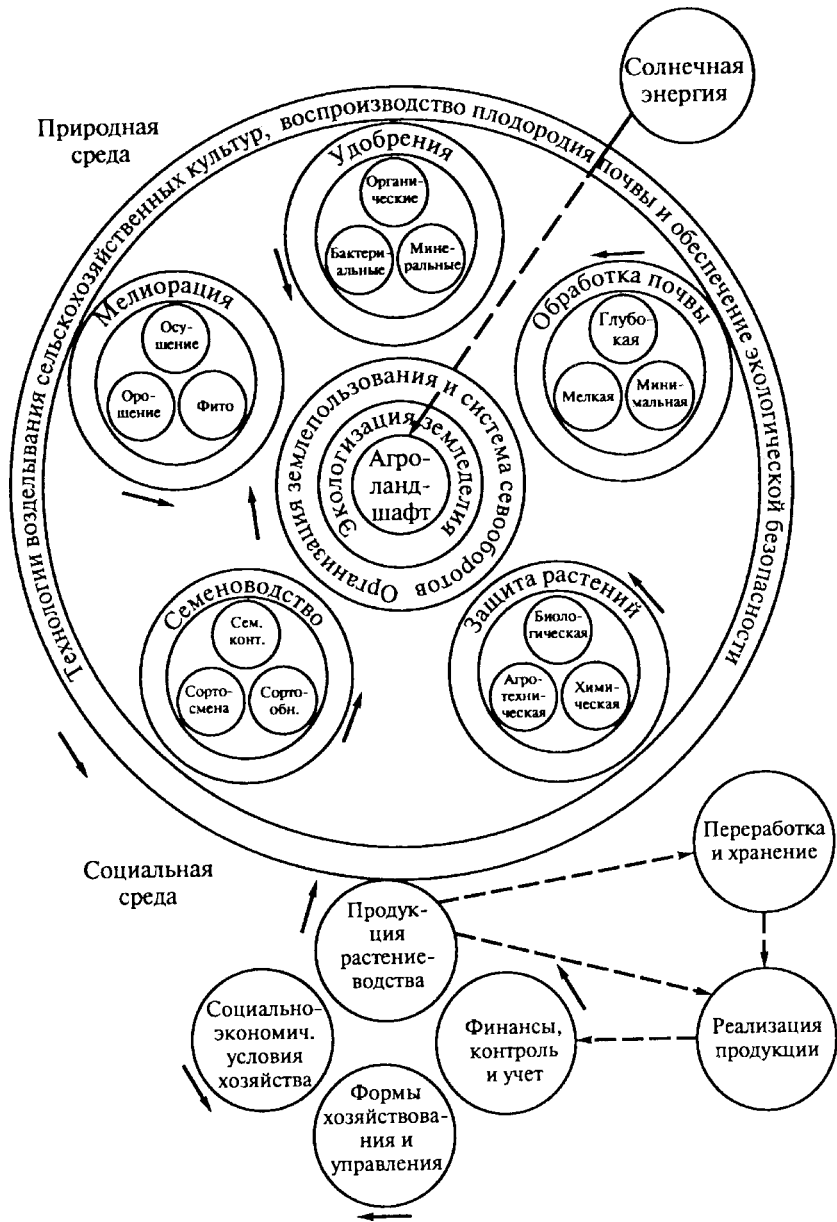


Рис. 47. Взаимосвязь звеньев системы земледелия

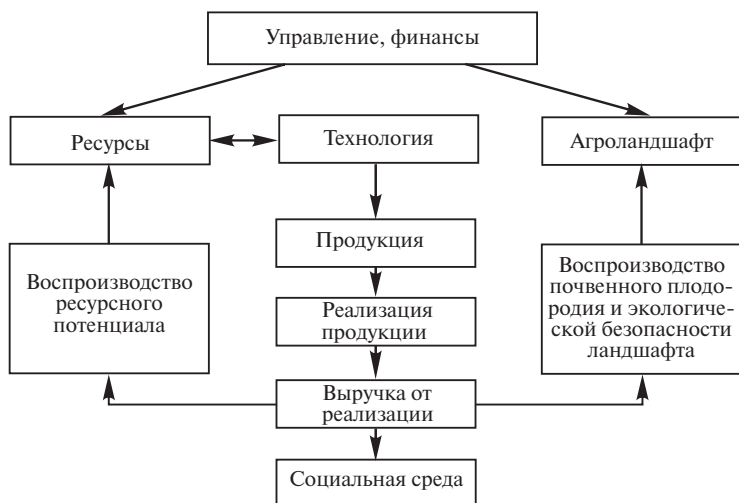


Рис. 48. Схема функционирования системы земледелия

дия, устранение экологических нарушений, реабилитацию агроландшафтов и на социальную сферу.

Таким образом, структура и содержание систем земледелия обусловлены природным, производственно-экономическим, экологическим и социальным компонентами. А поскольку они различаются по регионам страны, то и система земледелия должна быть адаптирована к конкретным условиям хозяйствования.

Методологические принципы систем земледелия. К ним относятся: целостность, дифференциация, адаптивность, экологичность, нормативность, оптимизация, агрономическая и экономическая эффективность.

Целостность свидетельствует о наличии в системе земледелия всех взаимосвязанных структурных единиц, благодаря которым она способна выполнять основную функцию — производить планируемую продукцию растениеводства. Отсутствие каких-либо звеньев или их элементов исключает или затрудняет получение продукции требуемого качества и обеспечение экологической безопасности агроландшафта.

Дифференциация указывает на разнообразие земледелия в зависимости от прихода фотосинтетически активной радиации, климата, почвообразовательного процесса, агроландшафтов, степени их увлажнения и мелиоративного состояния, мезорельефа. Кроме того, дифференциация систем земледелия обусловлена методами производства и видом продукции, материально-техническим состоянием сельскохозяйственного предприятия.

Адаптивность реализуется при организации производства продукции в пределах конкретных агроландшафтов. Все технологические звенья системы земледелия разрабатывают с учетом крутизны и экспозиции склона, типа, гранулометрического состава и плодородия почв, гидрологического режима, состояния природных кормовых угодий, размера контуров, удаления земель от хозяйственных центров, транспортных путей, наличия заповедников и зон отдыха населения. Размещение севооборотов осуществляют согласно пригодности земель для возделывания районированных культур и сортов.

Экологичность предусматривает управление энергетическими потоками (получение двух и более урожаев с одной площади), обменом органических и минеральных веществ, минерализацию и гумификацию, регулирование численности вредных биологических объектов, предотвращение эрозионных и дефляционных процессов, накопления в почве и растениях тяжелых металлов, метаболитов пестицидов, сохранение растительного и животного разнообразия.

Нормативность заключается в соблюдении научно обоснованных доз, сроков и способов применения удобрений, химических мелиорантов, пестицидов, стимуляторов роста, ингибиторов нитрификации, оросительных вод, а также проведения технологических приемов.

Оптимизация предусматривает устойчивое и сбалансированное ведение систем земледелия. Она проявляется в оптимальном соотношении сельскохозяйственных угодий (пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения). Это играет огромную роль в улучшении экологической ситуации и реабилитации ландшафтов. Важны оптимальное распределение видов и форм органических и минеральных удобрений по агроландшафтам с учетом их удаленности, связи с источниками водоснабжения, а также оптимизация обработки почвы, предотвращающая чрезмерное уплотнение и распыление.

Агрономическая и экономическая эффективность систем земледелия выражается в продуктивности растениеводческой продукции с единицы площади, простом или расширенном воспроизводстве плодородия почв, поддержании экологической сбалансированности агроландшафтов, себестоимости и рентабельности производимой продукции, ее конкурентоспособности.

4.4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Современное состояние земледелия в значительной мере связано с недооценкой, а порой и полным игнорированием законов развития природы. В районах интенсивного земледелия полному

или частичному уничтожению подвергнуты природные экосистемы: вырублены леса, переосушены болота, распаханы эрозионно-опасные ландшафты и водоохраные зоны и др. Это привело к разбалансированию функционирования природных экосистем. В результате участились засухи, развиваются эрозионные процессы, происходят техногенное загрязнение почв и окружающей среды, сокращение видов растений и животных.

Одно из направлений оздоровления экологической ситуации — использование экологически безопасных технологий в системах земледелия посредством приведения их в соответствие с законами, закономерностями и правилами, действующими в экологии. В первую очередь это относится к законам и закономерностям, касающимся развития и функционирования ландшафтов.

Закон единства организма и среды обитания (Вернадский, 1946). Названный закон создает предпосылку адаптирования сельскохозяйственных культур и технологий их возделывания к конкретным условиям агроландшафта.

Закон внутреннего динамического равновесия экосистемы (Реймерс, 1994). Согласно ему вещество, энергия, информация экосистем и их составных частей (иерархий) взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает различные количественные структурные изменения, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств экосистемы.

Закон константности живого вещества в биосфере (Вернадский, 1946). Сущность закона заключается в том, что количество живого вещества биосферы (для данного геологического периода) — величина постоянная. Отсюда следует, что при использовании агроландшафта необходимо добиваться увеличения полезной части биологической продукции, уменьшив иную форму живой материи (сорняки, вредители и др.).

Закон снижения энергетической эффективности природопользования. Смысл данного закона в том, что с течением времени при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу в среднем затрачивается все больше энергии. За последнее столетие в развитых странах количество энергии, затрачиваемое на производство единицы сельскохозяйственной продукции, возросло в 10—15 раз, в то время как их производительность увеличилась всего в 2—3 раза. Резко возросли энергетические расходы на одного человека — с 70 тыс. до 230—250 тыс. ккал.

Попытка увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур путем повышения расхода энергии на единицу продукции бесперспективна. Так, наиболее затратный фактор в техногенной интенсификации растениеводства — азотное удобрение, на долю которого приходится до 30 % расхода энергии, получаемой из ис-

копаемого топлива. Второе место занимает орошение — до 20 % используемой энергии. На долю пестицидов приходится примерно 5 % в общем балансе расходуемой энергии. Дальнейший рост затрат энергии ограничен емкостью среды и при сохранении нынешних темпов роста приведет к глобальному экологическому кризису. Поэтому необходим поиск энергосберегающих технологий.

Законы экологии (Коммонер, 1974). Первый закон гласит, что все связано со всем. Все экосистемы являются взаимонастраивающимися и взаимоуравновешенными. При каких-либо отклонениях в одном звене экосистема в целом стабилизируется благодаря динамическим самоконтролирующим свойствам. При слишком сильных отклонениях может произойти разрушение экосистемы.

Второй закон повествует о том, что все должно куда-то деваться. В природе продукты жизнедеятельности одних организмов служат сырьем для других.

Третий закон гласит, что природа знает лучше. Любое крупное изменение природной системы вредно для нее, ибо эта система прошла несравненно более длительную эволюцию, чем период развития цивилизации, и усовершенствовалась до уровня тончайшего механизма, в котором каждая деталь играет незаметную роль. Для любой органической субстанции, вырабатываемой организмами, в природе есть фермент, который может ее разложить. Многие же синтезированные человеком вещества настолько отличаются от природных, что в естественных условиях они не разлагаются и накапливаются в природе. Закон взывает к предельной осторожности во взаимодействии с природой.

Четвертый закон повествует о том, что за все надо платить (ничто не дается даром). Все, что человек берет от природы, должно рано или поздно быть возмещено, так как глобальная экосистема является единым целым, в рамках которого не может быть что-то выиграно или потеряно.

Наряду с законами экологии теоретической основой систем земледелия являются теории регулирования продукционного процесса агрофитоценозов и воспроизводства плодородия почв.

Теория регулирования продукционного процесса агрофитоценозов. Теория фотосинтетической продуктивности растений. Основана на оптимизации размеров листовой поверхности, радиационного режима, аэрации, минерального питания, водообмена и других факторов. Доказано, что даже в современных условиях ведения земледелия можно увеличить коэффициент использования физиологической радиации (ФАР) от 0,5—1 до 3—5 %.

Роль селекции в повышении фотосинтетической продуктивности растений современных сортов проявилась в улучшении продукционного процесса. Так, рост урожайности зерна новых сортов зерновых культур за последнее десятилетие достигнут на 50 % и более преиму-

шественно за счет изменения генетических систем, ответственных за распределение ассимилянтов между органами растений в онтогенезе, и увеличения доли зерна в общей биомассе, повышения устойчивости к полеганию, а общая биомасса растений изменилась несущественно. По этой же причине продуктивность новых сортов кормовых культур, у которых общая надземная биомасса является хозяйственной частью урожая, повысилась только на 5—20 %.

У современных сортов зерновых культур тип распределения ассимилянтов уже близок к оптимальному. Для дальнейшего роста урожайности необходимо совершенствовать фотосинтетическую деятельность растений.

Для большинства растений наиболее благоприятен диапазон температуры от 10 до 35 °С. Поскольку температура воздуха постоянно меняется в течение дня и вегетационного периода, то непрерывно происходит адаптация фотосинтетического аппарата к изменяющимся температурным условиям.

Недостаток воды сказывается прежде всего на открытии устьиц. Если устьица закрыты, транспирация и поглощение CO₂ листьями резко снижаются, что лимитирует фотосинтез. Заметное снижение интенсивности фотосинтеза наблюдается только при увеличении водного дефицита свыше 15—20 %.

Питательные вещества оказывают многостороннее влияние на фотосинтетический аппарат: на формирование морфологической и анатомической структуры растений, образование хлоропластов; они входят в состав как отдельных образований, так и ферментов. Поэтому максимальная интенсивность фотосинтеза отмечена при оптимальной обеспеченности растений питательными веществами.

Важнейшими резервами роста урожайности являются наиболее полная реализация потенциальной продуктивности возделываемых сортов, эффективное использование почвенно-климатических и материальных ресурсов. Климатические ресурсы следует рассматривать как один из наиболее важных факторов сельскохозяйственного производства. Они ограничены и должны использоваться для выращивания определенных культур в конкретных условиях.

Рациональное размещение сельскохозяйственных культур по элементам агроландшафта — неперенное условие эффективного использования природных ресурсов, а также реализации потенциальных возможностей растений. Адаптация культур к различным агроландшафтам предполагает возделывание их в наиболее благоприятных условиях, удовлетворяющих потребности растений в земных факторах жизни.

Особое внимание в управлении продукционным процессом агрофитоценоза уделяют формированию оптимальной плотности стеблестоя. Установлено, что уровень урожайности на 50 % зависит от плотности продуктивного стеблестоя, на 25 — от числа зерен в

колосе и на 25 % — от массы 1000 зерен. Оптимальная плотность стеблестоя зависит от вида культуры, сорта и агроэкологических условий (плодородие почвы, поступление света и тепла, влагообеспеченность и т. д.). В средневропейских условиях оптимальная плотность продуктивного стеблестоя колеблется у озимых пшеницы и ржи от 400 до 800 колосьев на 1 м², яровой пшеницы — от 500 до 1000, ярового ячменя — от 700 до 1200 колосьев на 1 м².

Для создания оптимальной плотности продуктивного стеблестоя норма высева в каждом конкретном случае должна быть скорректирована с учетом большого числа варьирующих факторов (метеорологические условия, подготовка почвы, сорт и качество семян, срок посева, степень интенсификации и культура земледелия). Интегрирующим показателем влияния многих этих факторов является общая выживаемость растений — отношение числа растений, сохранившихся к уборке, к числу посеянных на той же площади семян.

На практике нередко применяют завышенные нормы высева зерновых культур, предвидя низкую полевую всхожесть и большие выпадения растений в посеве. Завышение норм высева приводит к снижению продуктивности посева и увеличению затрат на возделывание культуры (на семена, ретарданты и др.).

М. С. Савицкий предложил формулу для определения норм высева семян зерновых культур (шт/м²), учитывающую оптимальную плотность продуктивного стеблестоя, степень кушения, выживаемость растений:

$$H = \left(\frac{c}{k} \cdot \frac{1}{O_B} \right) \cdot A,$$

где c — оптимальная плотность продуктивного стеблестоя при уборке, колосьев/м²; k — коэффициент продуктивного кушения; O_B — общая выживаемость растений при уборке, % к общему числу посеянных всхожих семян; A — масса 1000 зерен, г.

Широкое применение этой формулы сдерживается ограниченностью данных о выживаемости растений.

Относительно роли кушения в формировании продуктивного стеблестоя единого мнения нет. Многие исследователи отвергают концепцию одностебельного растения хлебного злака в посеве и признают необходимость некоторого ограничения продуктивного кушения. Однако оптимальный уровень последнего вызывает разногласия. Одни авторы полагают, что наиболее продуктивным будет посев при низкой густоте стояния растений в результате хорошего кушения, повышения вертикальной устойчивости и продуктивности каждого растения. В других работах показано, что при высокой густоте стояния растений и слабом кушении увеличиваются в посеве доля наиболее продуктивных главных побегов и максимальная продуктивность каждого колоса.

Разногласия по вопросу о роли кушения находят отражение в различных системах интенсивного возделывания зерновых в мире. Так, в бельгийской системе выращивания озимой пшеницы основным элементом, обеспечивающим повышение биологической продуктивности посевов, служит сравнительно высокая продуктивная кустистость растений — 2,2—2,5 стебля на одно растение при невысокой густоте стояния растений. Система рассчитана на относительно мягкие климатические условия — позднее наступление зимы и ранний приход весны, плодородные суглинистые почвы с равномерной и достаточной минерализацией почвенного органического азота и среднеинтенсивные сорта.

Другая, также довольно распространенная система, предложенная в Германии, направлена на формирование агроценоза с повышенной плотностью продуктивного стеблестоя, подавляющую часть которого составляют главные побеги, и рассчитана на высокие нормы азотных удобрений (до N_{250}). Высокую дозу азота вносят в четыре срока. Эта система разработана для менее благоприятных условий выращивания (более тяжелые и менее плодородные почвы, более суровая зима).

Для условий Нечерноземной зоны России рекомендуют следующие нормы высева, млн всхожих семян на 1 га: для районированных сортов озимой пшеницы — 4,5—5, для озимой ржи — 4—5, для яровой пшеницы в Центральном районе — 5—6; в Северо-Западном, Волго-Вятском и Уральском районах — 5,5—6,5; для ячменя — 5—6, кроме Урала, где высевают 4,5—5,5; для овса — 5—6. При интенсивном возделывании зерновых культур используют рекомендованные нормы высева по нижнему пределу, так как более высокий агрофон позволяет за счет кушения обеспечить оптимальный продуктивный стеблестой.

Оптимальный срок посева сельскохозяйственных культур определяется температурным режимом и влажностью почвы. Потери урожая могут быть как при запаздывании с посевом, так и при самых ранних сроках. Причинами снижения урожая в этих случаях могут быть уменьшение полевой всхожести семян, сокращение времени прохождения начальных этапов органогенеза, снижения выживаемости растений и их продуктивной кустистости. Для озимых зерновых культур оптимальные сроки посева определяются их потребностью в сумме положительных температур (480—500 °С) для нормального осеннего развития и хорошей перезимовки. Это количество тепла обеспечивает образование 2—4 побегов кушения на одном растении.

Глубина посева культур значительно влияет на степень кушения, перезимовку озимых, поражение растений болезнями и вредителями.

Биологически обоснованная глубина посева составляет для ржи 1—2 см, пшеницы, ячменя, овса — 2—4 см. В этом случае

междоузлия базальной зоны не удлиняются, узлы на главном побеге сближены и имеют параметры узла кушения, а резервные питательные вещества эндосперма расходуются на рост корней и листьев. При более глубокой заделке семян (5—15 см) конус нарастания хлебных злаков выносятся в приповерхностные слои почвы в результате удлинения одного—трех базальных междоузлий. В этих случаях уже говорят не об узле, а о зоне кушения, которая может растягиваться на 10 см и более. Происходит расходование энергетических ресурсов семени на растяжение базальной зоны злаков, и если такой проросток все же достигнет поверхности почвы, его способность к побегообразованию снижена и закладывается малопродуктивная жизненная форма.

Результаты полевых опытов показали, что с увеличением глубины посева озимой пшеницы свыше 2,5 см узел кушения закладывается глубже и происходит резкое снижение полевой всхожести, увеличение числа ослабленных растений.

В противовес прежним представлениям доказано, что при глубоком посеве снижаются как продуктивность, так и устойчивость растений к полеганию (базальная зона не способна образовать мощный узел кушения и восприимчива к корневым гнилям), а некоторое повышение зимостойкости не компенсирует связанных с глубоким посевом потерь. Преимущество мелкой заделки семян проявляется при размещении их на плотное семенное ложе, обеспечивающее приток к семенам воды по капиллярам из нижележащих более влажных слоев почвы. Плотное семенное ложе создается при своевременной и тщательной обработке почвы и применении соответствующих рабочих органов сеялок.

В Нечерноземной зоне глубина посева для озимой пшеницы составляет 4—5 см на тяжелых и 5—6 см — на легких почвах; для озимой ржи — 3—4 см на тяжелых и 4—5 см — на легких почвах. Посев яровых зерновых рекомендуют проводить на тяжелых почвах на глубину 2—3 см, на средних и легких суглинках — на 3—4 см и на супесчаных и песчаных — на 5—6 см. По мере роста культуры земледелия и совершенствования посевной техники принятые в производстве нормативы по глубине заделки семян зерновых культур необходимо уточнять и приводить в соответствие с биологическими требованиями последних.

Из агротехнических мероприятий по управлению развитием элементов структуры продуктивности растений в течение вегетации наибольшее значение имеет прежде всего применение азотных удобрений. Дозы и сроки их внесения устанавливаются с учетом состояния посевов, содержания минерального азота в почве и нитратов в листьях. Однако система азотных подкормок эффективна лишь в комплексе с применением ретардантов, гербицидов, фунгицидов, инсектицидов. Подкормка зерновых культур азотом

в фазе кушения влияет прежде всего на плотность стеблестоя, в фазе выхода в трубку — на число зерен в колосе, а в фазе выколашивания — на массу 1000 зерен и содержание белка в зерне.

Проблема полегания посевов становится все более острой по мере интенсификации земледелия, повышения количества используемых удобрений. Это приводит к необходимости применения ретардантов как средства предотвращения полегания зерновых культур. Оптимальный срок их применения — период от конца кушения до начала выхода в трубку.

Таким образом, теории процессов формирования урожая дают возможность управлять ими и, в конечном счете, оптимизировать. В практическом плане оптимизация формирования урожая — это обоснование и разработка методов и технологий, позволяющих эффективно использовать, как правило, ограниченные, генетические, почвенно-климатические, материальные и другие ресурсы.

Теория воспроизводства плодородия почв агроландшафтов в современных системах земледелия. Предусматривает: оптимизацию соотношения естественных ландшафтов и агроценозов на основе типизации земель; научно обоснованную специализацию на разных уровнях производства растениеводческой продукции с учетом экологических особенностей ландшафта, адаптивного потенциала сортов сельскохозяйственных культур, их продукционной и средообразующей функции, интенсификации земледелия, опыта населения; биологизацию земледелия и применение ресурсосберегающих и природоохранных агротехнологий; определение агроэколого-энергетической эффективности приемов и технологий; применение севооборотов с научно обоснованной совместимостью культур, высокой биологической продуктивностью, соответствующим качеством урожая, максимально возможным использованием природных и антропогенных ресурсов; природоохранное землеустройство с учетом специализации, типизации пашни, мелиоративной устроенности ландшафта, размеров контуров; почвозащитные ресурсосберегающие технологии обработки почвы, обеспечивающие оптимальные условия для деятельности внутрпочвенного биоценоза; интегрированную защиту растений, способствующую усилению аспектов гомеостатической роли агробиогеоценозов в отношении вредных организмов и зачатков их размножения.

Управляют воспроизводством плодородия почв посредством воздействия на: минерализацию и гумификацию органического вещества; уплотнение и распыление почвы; накопление и испарение влаги; тепловой режим почвы; активность почвенной биоты; трансформацию минеральных химических соединений веществ и накопление подвижных форм питательных элементов; кислотно-щелочное равновесие и др.

Органическое вещество почвы представлено гумусом и негумифицированными, лабильными веществами. Гумусовые вещества (гумус) составляют 80—90 % общего содержания органического вещества почв. Их подразделяют на три группы: гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумины, связанные в различной степени прочности с минеральной частью почвы. Гуминовые вещества обладают высокой устойчивостью к минерализации.

Негумифицированные, легкоразлагаемые (лабильные) органические вещества представлены неразложившимися остатками растений, животных (насекомых, червей и др.), микроорганизмов и промежуточными продуктами их разложения (клетчатка, крахмал, белки, пептиды, органические и аминокислоты, жиры, смолы, альдегиды, полифенолы, дубильные вещества, лигнин и др.).

Качественный состав органического вещества почв неоднороден, что обусловлено разнообразием растительных и животных остатков, поступающих в почву, условиями их трансформации и взаимодействия с минеральной частью почв. Так, в агроценозах количество послеуборочных остатков зерновых культур составляет около 1,5—3 т/га, пропашных — 1—2, многолетних трав — 5—8 т/га.

Органическое вещество — основа плодородия почвы, его энергетический ресурс многоцелевого назначения. Оно в значительной степени определяет параметры агрофизических, биологических и агрохимических показателей почвенного плодородия, выполняет регуляторную и экологическую функции.

Как источник питания для растений органическое вещество содержит: 98 % валового азота, 40—60 фосфора, 80—90 % серы, значительное количество кальция, магния и других макро- и микроэлементов. Одна часть этих элементов находится в поглощенном состоянии и усваивается растениями в результате ионно-обменных реакций, другая часть высвобождается и становится доступной для растений после минерализации органического вещества. Сельскохозяйственные культуры при внесении минеральных удобрений на 50 % потребности в азоте удовлетворяют за счет почвенного органического вещества, прежде всего легкоразлагаемого, остальные 50 % — за счет минеральных удобрений. Ежегодная минерализация гумуса дерново-подзолистых и серых лесных почв под многолетними травами составляет в зависимости от урожая соответственно 0,6—0,8 и 0,4—0,6 % от валового запаса, под зерновыми и зерновыми бобовыми, льном — 1,9—2,2 и 1,4—1,6 %, под пропашными — 3—4 и 2,5—2,8 %, в чистом пару 3—4 %. На легких почвах интенсивность минерализации органического вещества выше, чем на тяжелых.

Ежегодная минерализация гумуса черноземов в среднем составляет: при возделывании зерновых культур — 0,7—0,8 т/га, пропашных — 2,0—2,5, в чистом пару — 2,2—2,8 т/га.

Ежегодные потери органического вещества торфа составляют: при возделывании многолетних трав — 2—4 т/га, зерновых — 5—7, пропашных — 9—11 т/га.

В почвах наряду с минерализацией гумуса происходит новообразование его за счет поступающих остатков растений, биоты, органических удобрений. Примерные коэффициенты гумификации послеуборочных растительных остатков и органических удобрений следующие: многолетних бобовых трав — 0,25, многолетних злаковых трав — 0,20; зерновых и зерновых бобовых культур — 0,18—0,20; однолетних трав на сено — 0,18—0,20, однолетних трав на зеленый корм — 0,12—0,15; картофеля, корнеплодов, овощей — 0,05—0,08; навоза подстилочного — 0,20—0,25; торфа — 0,30—0,35, торфонавозных компостов — 0,25.

Учитывая огромную роль органического вещества в плодородии почвы и получении высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, важно следить за его балансом. Баланс гумуса в почве может быть бездефицитным, если его приход в результате гумификации свежих растительных остатков и органических удобрений полностью уравнивает расход за счет минерализации. Баланс считается положительным, когда приход вновь образованного гумуса компенсирует его потери. Исходя из этого, воспроизводство органического вещества в системах земледелия должно быть простым (баланс бездефицитный) или расширенным (баланс положительный). Простое воспроизводство возможно на высокоплодородных почвах (черноземы, а также серые лесные и дерново-подзолистые почвы с содержанием гумуса 2,5—3,0 %). Расширенное воспроизводство органического вещества необходимо на почвах с низким естественным уровнем плодородия.

Основные факторы управления органическим веществом — растение, удобрения, обработка почвы, мелиорация. Среди них ведущую роль играет растение. Через него прямо или косвенно используются вещественные и технологические факторы. Растение обуславливает перевод последних в биологически связанное состояние, безвредное экологически, обладающее запасами энергии.

Для значительного повышения содержания органического вещества почвы требуются материальные ресурсы и время. Поэтому в системах земледелия необходимо исходить из реальных возможностей воспроизводства органического вещества обрабатываемых почв. Эти возможности реализуются наиболее эффективно при системном обосновании практических приемов рационального использования земель и воспроизводства органического вещества.

Управление почвенными агрофизическими условиями осуществляют на основе показателей оптимальной и равновесной плотности почвы. *Оптимальной* называют плотность, при которой формируются наиболее благоприятные условия для роста расте-

ний. Она зависит в основном от требований культуры. Кроме того, показатель оптимальной плотности может увеличиваться или уменьшаться на 0,05—0,15 г/см³ в зависимости от содержания гумуса, влажности и обеспеченности почвы элементами минерального питания. Кроме того, на оптимальную плотность почвы влияет гранулометрический состав. *Равновесная плотность* — это величина, характеризующая устойчивое состояние степени уплотнения различных типов и разновидностей почв. В естественных условиях почва всегда стремится уплотниться (или разуплотниться) до равновесного состояния. Земли, на которых оптимальная и равновесная плотности почвы совпадают, требуют минимальных затрат на воспроизводство и поддержание наиболее благоприятных агрофизических условий.

При оптимизации агрофизических параметров плодородия почв обеспечивается рациональное сочетание влаго- и воздухоемкости. Длительность сохранения такого соотношения объемов капиллярных и некапиллярных пор зависит от структуры почвы и ее водопрочности. В современных нормативных системах земледелия на дерново-подзолистых и серых лесных почвах водопрочность структуры должна быть не менее 40 %. При уплотнении почвы увеличивается непродуктивный расход влаги, что ведет к снижению урожайности культур. Поэтому при образовании почвенной корки в условиях Нечерноземной зоны необходимо ее разрушение для уменьшения капиллярного испарения, а в условиях южных регионов, наоборот, уплотнение с целью снижения диффузного испарения.

Таким образом, технологии воспроизводства агрофизических условий для возделывания сельскохозяйственных культур должны разрабатываться с учетом типа и разновидности почвы, крутизны и экспозиции склонов, степени увлажненности ландшафта и погодных условий, наличия сельскохозяйственной техники, вносимых удобрений.

Агрохимическая составляющая плодородия почвы связана с удовлетворением потребности растений в подвижных формах питательных элементов. Оптимальным содержанием доступных для растений форм фосфора считают 150—200 мг/кг почвы, калия — 200—250 мг/кг почвы. При таком уровне содержания P₂O₅ и K₂O в почве можно гарантированно получать планируемый урожай сельскохозяйственных культур. Однако почв с оптимальным содержанием питательных элементов очень мало. Расширенное воспроизводство плодородия этих почв требует внесения удобрений.

Потребность в минеральных удобрениях определяют с учетом следующих факторов: биологических особенностей культур и планируемой урожайности; свойств почв и содержания в них подвижных форм питательных веществ; количества вносимых в севообо-

роте органических удобрений; качества предшественника; климатических условий района расположения хозяйства.

Алгоритм расчета годовой дозы минеральных удобрений под культуру севооборота представляет собой многокомпонентную функцию:

$$D_y = f(\text{ВПК}_n),$$

где D_y — годовая расчетная доза азотных, фосфорных или калийных удобрений под культуру, кг д. в/га; В — вынос азота, фосфора и калия с планируемым урожаем культуры; П — показатель, характеризующий влияние почвенных ресурсов поля севооборота при определении дозы удобрений, K_n — поправочные показатели, с помощью которых учитывают влияние на дозу минеральных удобрений предшественника, последствие удобрений, внесенных под него, влияние местоположения почв в агроландшафте, степень их эродированности, гранулометрический состав и кислотность почв.

Поправочный показатель на состояние почвенных ресурсов может носить характер балансовых коэффициентов возврата с удобрениями элементов питания, выносимых с планируемыми урожаями, или представлять собой долю подвижных форм элементов питания почвы, участвующих в формировании урожая и определяемых через коэффициенты их использования культурой.

Расчеты можно проводить также и другими методами, основанными на использовании рекомендуемых в зоне средних доз минеральных удобрений или нормативов затрат минеральных удобрений на единицу урожая или его прибавку, которые корректируются поправочными коэффициентами на агрохимические свойства почвы. Наиболее приемлемым будет метод, нормативное обеспечение которого по основным факторам, определяющим эффективность удобрений, более полно разработано в регионах.

Отношение сельскохозяйственных культур к реакции почвы неодинаково. Оптимальной для большинства культур является слабокислая и близкая к нейтральной (рН 6,0—7,5) реакция почвы. По отношению к кислотности почвы растения разделяют на несколько групп. Наиболее чувствительные с оптимальным значением рН 6,5—7,5: свекла, люцерна, эспарцет, белокочанная капуста, соя, конопля, хлопчатник. Культуры, чувствительные к повышенной кислотности: огурец, лук, чеснок, салат, цветная капуста, кукуруза, подсолнечник, клевер, донник, вика, фасоль, горох, кормовые бобы, озимая и яровая пшеница, ячмень, райграс, ежа сборная, костер. Для них оптимален рН 6—7. Устойчивы к повышенной кислотности почв озимая рожь, овес, гречиха, просо, морковь, томат, редис, тимофеевка. Эти культуры растут в широком диапазоне кислотности (рН 5,0—7,5), но для них оптимальна

слабокислая среда (рН 5,5—6,0). Устойчивы к повышенной кислотности почв, но трудно переносят избыток кальция лен, картофель, малина, земляника, крыжовник. Лен хорошо растет при рН 5,5—6,0, а картофель и ягодные культуры в интервале рН 4,5—6,5. К максимально устойчивым культурам относятся люпин, чайный куст, шавель, сераделла. Они хорошо произрастают на почвах с рН 4,0—6,0, оптимальным для них является рН 4,5—5,0.

При определении потребности в известковых материалах и доз их внесения проводят оценку нуждаемости почв в известковании, определение оптимальных мелиоративных доз извести, определение доз поддерживающего известкования.

Выбор алгоритмов определения нуждаемости почв в известковании и расчета доз извести осуществляют по справочным материалам с учетом $pH_{\text{сол}}$, степени насыщенности почв обменными основаниями, гранулометрического состава; по гидролитической кислотности — с учетом вида известковых удобрений, по нормативам затрат извести для снижения кислотности почвы на необходимую величину, если не требуется полной нейтрализации кислотности почвы, но необходимо поддерживать оптимальное значение рН.

На солонцовых почвах и солонцах, имеющих высокую долю натрия в ППК и щелочную реакцию, проводят химическую мелиорацию с помощью гипса. Дозы гипса устанавливают по эквивалентным количествам натрия в ППК, которые должны быть заменены на кальций. Разница между общим количеством обменного натрия и безопасным его содержанием в почве подлежит замене на кальций.

Следовательно, для оптимизации реакции кислых почв проводят известкование, а щелочных — гипсование. Сущность этих процессов состоит в замещении водорода в ППК, нейтрализации свободных органических и минеральных кислот почвенного раствора, а также обменного натрия на кальций.

Почва как многокомпонентная система наряду с другими выполняет и экологические функции, которые играют важную роль в управлении системами земледелия, и является их теоретической основой. К ним относятся функции среды обитания для организмов, дифференциации географической оболочки и биосферы, связи биологического и геологического круговоротов веществ, биологической эволюции.

Как среда обитания почва обеспечивает существование большинства видов живых организмов планеты. Этот тонкий почвенный слой, находящийся на границе атмосферы и литосферы, — наиболее активная зона фотосинтеза.

Дифференциация почвенного покрова на планете причинно связана с дифференциацией геологической оболочки и биосферы

Земли. Установлено, что характер и тип почвенного покрова изменяют действие климатического фактора на дифференциацию природных зон Земли.

Почва как биокосная система осуществляет в значительной мере взаимодействие биологического и геологического круговорота веществ. Биологический круговорот более энергичен, более активен и краткосрочен. Его воздействие на геологический круговорот проявляется, в первую очередь, в торможении последнего, связывании и отрыве части элементов геологического круговорота. Особую роль при этом играют гумусовые вещества, органоминеральные комплексы, вторичные минералы. Общий объем жизни при этом возрастает. Антропогенная деятельность, уменьшая емкость биологического круговорота, ослабляет его и соответственно усиливает геологический круговорот. Наблюдающаяся в настоящее время повсеместная деградация почвенного покрова способна вызывать непредсказуемые, цепные реакции, негативные экологические процессы, разрушение защитных барьеров в биосфере.

К важнейшей общебиосферной функции почвы относится ее роль в биологической эволюции жизни. На огромном материале подтвержден факт эволюционных изменений у многочисленных представителей животного мира, поселившихся или прошедших в своей эволюции через почву. Буферность и специфическое строение почвенной среды создает множество экологических ниш для функционирования многих жизненных форм, их эволюции и перехода в другие среды.

Таким образом, управление технологиями воспроизводства почв должно быть основано на системном понимании почвы как единого целого с ее защитно-буферной, санитарной и трансформационной функциями.

Буферная функция почв проявляется в значительном отставании суточных и сезонных гидротермических показателей от таковых атмосферы. Гидротермический режим почвы вследствие своей выравненности и устойчивости во времени создает благоприятные условия для жизни и функционирования почвенной биоты. Активно функционирующая почва более устойчива к факторам физического разрушения (эрозия, дефляция), она имеет больший диапазон толерантности и гомеостаза. Санитарная функция почв выражается в переработке отмерших остатков, микробной плазмы и тел почвенной зоофауны, в разложении всякого рода ксенобиотиков и полютантов, в дезактивации болезнетворных начал. Функция трансформации вещества и энергии проявляется в развитии почвенно-образовательного процесса и обеспечении микроорганизмов энергией, а растений питательными веществами.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите об основоположниках учения о системах земледелия. 2. В чем сущность примитивных, экстенсивных и интенсивных систем земледелия? 3. Дайте понятие о современных системах земледелия. 4. Каковы предмет, объект и метод исследования систем земледелия? 5. Какова сущность адаптивно-ландшафтных систем земледелия? 6. Какова структура современных систем земледелия? 7. Дайте характеристику взаимосвязей звеньев системы земледелия. 8. Каковы методологические принципы систем земледелия и их реализация? 9. Назовите законы и закономерности развития и функционирования ландшафтов. 10. Какова теория регулирования продукционного процесса агрофитоценозов? 11. Какова теория воспроизводства плодородия почв агроландшафтов?

ОГЛАВЛЕНИЕ

●

Глава 1. ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ	3
1.1. Происхождение почвы	3
1.2. Состав почвы	20
1.3. Свойства почвы	30
1.4. Основные типы почв и их сельскохозяйственное использование	42
Глава 2. ЗЕМЛЕДЕЛИЕ	71
2.1. Факторы жизни растений и законы земледелия	71
2.1.1. Факторы жизни растений	71
2.1.2. Законы земледелия и их использование	74
2.1.3. Оптимизация условий жизни сельскохозяйственных растений	78
2.2. Воспроизводство плодородия почв	88
2.2.1. Понятие о воспроизводстве плодородия почв	88
2.2.2. Агрофизические показатели плодородия почв и их воспроизводство	94
2.2.3. Биологические показатели плодородия почв и их воспроизводство	102
2.2.4. Агрохимические показатели плодородия почв и их воспроизводство	120
2.3. Сорные растения и борьба с ними	131
2.3.1. Сорные растения – конкуренты культурных растений	132
2.3.2. Биологические особенности сорных растений	134
2.3.3. Экология сорных растений	138
2.3.4. Классификация сорных растений	139
2.3.5. Характеристика основных представителей биологических групп сорняков и их особенности	140
2.3.6. Меры борьбы с сорными растениями	157
2.4. Научные основы севооборотов	173
2.4.1. Понятие о севообороте	173
2.4.2. Классификация и организация севооборотов	175
2.4.3. Разработка схем севооборотов	179

2.4.4. Причины чередования культур	181
2.4.5. Размещение сельскохозяйственных культур и паров в севооборотах	184
2.4.6. Полевые севообороты	192
2.4.7. Кормовые севообороты	198
2.4.8. Специальные севообороты	201
2.4.9. Севообороты в крестьянских (фермерских) хозяйствах	210
2.4.10. Введение и освоение севооборотов	212
2.5. Обработка почвы	219
2.5.1. Научные основы и задачи обработки почвы	219
2.5.2. Способы, приемы и системы обработки почвы	223
2.5.3. Технологические операции при обработке почвы	224
2.5.4. Физико-механические (технологические) свойства почвы и их влияние на качество обработки	227
2.5.5. Приемы основной обработки почвы	229
2.5.6. Мелкая и поверхностная обработка почвы	234
2.5.7. Создание мощного пахотного слоя	238
2.5.8. Минимальная обработка почвы	243
2.5.9. Система обработки почвы под яровые культуры	246
2.5.10. Система обработки почвы под озимые культуры	257
2.5.11. Особенности обработки мелиорируемых и вновь осваиваемых земель	267
2.5.12. Контроль за качеством основных видов полевых работ	273
2.6. Основы защиты почв от эрозии и дефляции. Использование рекультивируемых земель	276
2.6.1. Распространение, факторы развития и вредоносность эрозии и дефляции	276
2.6.2. Комплексная защита почв от эрозии и дефляции	292
2.6.3. Особенности использования рекультивированных земель	306
Глава 3. ОСНОВЫ АГРОХИМИИ	312
3.1. Питание растений и методы его регулирования	312
3.2. Химическая мелиорация почв	317
3.3. Минеральные удобрения	323
3.4. Органические удобрения	347
Глава 4. СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	360
4.1. История развития учения о системах земледелия	360
4.2. Сущность систем земледелия на разных этапах социально- экономического развития России	370
4.3. Методологические основы современных систем земледелия	388
4.4. Теоретические основы систем земледелия	299

Учебное издание

**Баздырев Геннадий Иванович,
Сафонов Афанасий Федорович**

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ С ОСНОВАМИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

Учебник для вузов

Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Компьютерная верстка *С. И. Шаровой*
Компьютерная графика *Д. С. Белобородова*
Корректор *Т. Д. Мирлис*

Сдано в набор 20.03.08. Подписано в печать 19.01.09. Формат 60×88 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,48.
Изд. № 031. Тираж 5000 экз. (1-й завод: 1—1500 экз.). Заказ .

ООО «Издательство «КолосС»,
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17.
Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.
Тел. (495) 680-99-86, тел./факс (495) 680-14-63, e-mail: sales@koloss.ru,
наш сайт: www.koloss.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ОАО «Марийский полиграфическо-издательский комбинат»,
424002, г. Йошкар-Ола, ул. Комсомольская, 112