



ОСНОВЫ агрономии

**Евтефеев Ю.В.
Казанцев Г.М.**



Ю. В. Евтефеев,
Г. М. Казанцев

ОСНОВЫ АГРОНОМИИ

*Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по специальности 110401 «Зоотехния»*



МОСКВА
2013

УДК 631.5:631.4:631.8(075.8)

ББК 41.4:40.3(я73),

Е27

Рецензенты:

заведующий кафедрой общего земледелия и защиты растений АГАУ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Международной академии аграрного образования *Н.В. Яшутин*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и кормопроизводства НГАУ *М.Е. Черепанов*;
кандидат биологических наук, доцент кафедры растениеводства и кормопроизводства НГАУ *В.А. Петрук*;
заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, доктор технических наук, профессор *В.И. Беляев*

Научные редакторы:

заведующий кафедрой почвоведения и агрохимии АГАУ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Международной академии аграрного образования, заслуженный деятель Российской Федерации *Л.М. Бурлакова*;
профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства АГАУ, доктор сельскохозяйственных наук, академик Международной академии аграрного образования *И.Т. Трофимов*

Евтефеев Ю.В., Казанцев Г.М.

Е27 Основы агрономии : учебное пособие / Ю.В. Евтефеев, Г.М. Казанцев. — М. : ФОРУМ, 2013. — 368 с. : ил. — (Высшее образование).

ISBN 978-5-91134-192-3

В учебном пособии изложены составные части основ агрономии: основы почвоведения, земледелия и агрохимии. Основы агрономии изложены в краткой форме в соответствии с учебной программой по кормопроизводству с основами ботаники и агрономии, утвержденной Министерством образования РФ для специальностей 310700 — «Зоотехния» по квалификации — зооинженер, 311200 — «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Пособие предназначено для студентов вузов.

УДК 631.5:631.4:631.8(075.8)

ББК 41.4:40.3(я73)

ISBN 978-5-91134-192-3

© Евтефеев Ю.В.,
Казанцев Г.М., 2008
© Издательство «ФОРУМ», 2008

Предисловие

Данное учебное пособие подготовлено для студентов высших аграрных учебных заведений специальностей 310700 — «Зоотехния», 311200 — «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции».

Особенностью этого учебного пособия является краткое описание основ почвоведения, земледелия и агрохимии в соответствии с программой курса «Кормопроизводство с основами ботаники и агрономии». Оно облегчит студентам изучение генезиса, строения, состава и свойств основных типов почв, путей сохранения и повышения их плодородия. Ознакомит студентов с системами земледелия, составлением севооборотов, мерами борьбы с сорными растениями, приемами и системами обработки почвы применительно к условиям Сибири, особенностями применения удобрений для повышения урожайности и качества кормовых культур, организацией устойчивой кормовой базы для животноводства в различных природно-экономических зонах.

Авторы выражают признательность и благодарят профессоров Л. М. Бурлакову и И. Т. Трофимова за внимательное научное редактирование данного учебного пособия, за замечания и рекомендации по написанию основ агрономии.

«Кормопроизводство с основами ботаники и агрономии» является одной из ведущих дисциплин учебного плана при подготовке специалистов по специальностям 310700 — «Зоотехния», и 311200 — «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Основной целью этой дисциплины является формирование теоретических знаний и практических навыков по методам и способам производства кормов для животноводства. Изучение этой дисциплины формирует у студентов представление о системе производства кормов, рациональном их использовании и путях интенсификации кормопроизводства.

Специалистам в области сельского хозяйства нужно знать не только биологические особенности и питательность кормовых растений, но и условия, при которых получают максимальные урожаи, внедряют более совершенные технологии их выращивания. Необходимы теоретические знания по основам агрономии: почвоведению, земледелию, агрохимии.

Основным средством производства в сельском хозяйстве является почва. Рациональное использование почвенного плодородия требует знаний состава, свойств, режимов и законов эволюции основных типов почв. Необходимо знать не только пути эффективного использования плодородия почвы, но и способы его восстановления и расширенного воспроизводства в целях получения максимальных урожаев сельскохозяйственных культур с высоким качеством.

Рациональное использование почвенного плодородия с сохранением экологически приемлемого состояния территории должно основываться на знании законов земледелия, применении зональных адаптивно-ландшафтных систем земледелия с использованием химической мелиорации и систем защиты культурных растений от болезней и вредителей.

Основной целью данного учебного пособия является краткое изложение основ почвоведения, земледелия и агрохимии в одной книге в объеме учебной программы, рекомендуемой Министер-

ством образования РФ для специальностей 310700 — «Зоотехния» и 311200 — «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». Книга может быть полезной для студентов высших аграрных учебных заведений неагрономических специальностей: экономистов, инженеров-механиков сельскохозяйственного производства и др.

ЧАСТЬ 1

ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Глава 1

ПОНЯТИЕ О ПОЧВЕ, ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ. ЗАДАЧИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Почвоведение — наука о почвах, образовании, строении, составе, свойствах и режимах основных типов почв, закономерностях их географического распространения, взаимосвязи с внешней средой, определяющей формирование и развитие главных свойства почв — плодородия, о рациональном использовании почв, повышении их плодородия и охране от неблагоприятных природных и антропогенных воздействий.

Основы почвоведения как науки были заложены в России в конце XIX в. трудами русских ученых В. В. Докучаева, П. А. Костычева, Н. М. Сибирцева. В. В. Докучаев в классическом труде «Русский чернозем» (1883) заложил основы генетического почвоведения. Он создал учение о географических зонах, дал научную классификацию почв. П. А. Костычев внес большой вклад в изучение биологических основ почвообразования и способов повышения плодородия почв, он автор первого в России учебника «Почвоведение». Н. М. Сибирцев творчески развил учения В. В. Докучаева и П. А. Костычева, разработал генетическую классификацию почв.

В познание биологической сущности почвоведения большой вклад внес В. Р. Вильямс (1863—1939). Он развил генетико-агрономическое направление в почвоведении, указал на ведущее

значение растительных формаций и микроорганизмов в формировании почв и их плодородия. Учебник В. Р. Вильямса переиздавался 5 раз.

Большой вклад в развитие почвоведения внес агрохимик и почвовед П. С. Коссович (1862—1915). Он рассматривал эволюцию почв в связи с изменением условий почвообразовательного процесса. В 1903 г. в Санкт-Петербурге он издал учебник по почвоведению. В 1908 г. был издан учебник по почвоведению К. Д. Глинки (1867—1927), который в своих трудах особое внимание уделил зональности почвенного покрова, генезису и классификации почв.

В последующие годы идеи В. В. Докучаева получили дальнейшее развитие в трудах многих русских и советских ученых, которые проводили классические исследования по изучению состава, свойств и режимов почв и были авторами новых учебников по почвоведению.

Первое научное определение почвы в отечественной науке 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, живых и мертвых». Он доказал, что все почвы на земной поверхности образуются в результате «чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительности и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и, наконец, возраста страны».

По определению П. А. Костычева, почва — это «верхний слой земли до той глубины, до которой доходит главная масса корней растений».

В. Р. Вильямс определял почву как «поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений».

Почвы образуются на горных породах, которые изменились коренным образом под воздействием выветривания, микроорганизмов и растений. В результате этого воздействия возрастает концентрация минеральных элементов в верхних горизонтах горной породы, накапливаются соединения азота, которые начинают удовлетворять потребность высших растений в азотном питании. Под влиянием живых организмов постепенно накапливается сложное органическое вещество — гумус, развивается способность почвы удерживать воду, растворенные и диспергированные в почвенном растворе вещества, почва приобретает

способность удовлетворять все потребности высших растений и обеспечивать получение урожая.

Таким образом, почва является природным образованием, состоящим из генетически связанных горизонтов, формирующихся в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под воздействием выветривания и живых организмов. Почва, в отличие от горной породы, обладает важным качественным свойством — плодородием.

Почвы имеют основополагающее значение для существования жизни на Земле. Это значение заключается в следующем.

1. Почва является важной средой в развитии жизни на Земле. Непрерывно обмениваясь веществами и энергией с атмосферой, биосферой, гидросферой и литосферой, почвы поддерживают сложившееся на планете Земля равновесие, необходимое для существования жизни. В почве обитает огромное количество микроорганизмов, с ней связана жизнь насекомых, наземных животных. Растения, используя плодородие почвы, аккумулируют в процессе фотосинтеза огромное количество энергии в урожай. Люди расходуют эту энергию в качестве топлива, в пищу и на корм животным. Например, в 1 кг зерна пшеницы содержится до 3390 Ккал (или 14,0 МДж), что составляет суточную потребность человека в энергии. Семена сои содержат до 3900 Ккал в 1 кг.

Почва обеспечивает условия для жизни человека, так как она обладает способностью производить урожай растений — основной энергетический продукт. Масса растений, преобразованная животными в продукцию животноводства, тоже употребляется в пищу, для бытовых нужд и в промышленности.

Большое значение имеют санитарно-защитные функции почвы. Органическое вещество почвы ускоряет детоксикацию (разложение) вносимых пестицидов, закрепляет в малоподвижные формы загрязняющие вещества в результате сорбции и комплексобразования. Органические вещества участвуют в обменном и необменном поглощении ионов, входящих в состав минеральных удобрений, химических мелиорантов, пестицидов, радионуклидов, тяжелых металлов. Экспериментально доказано необменное поглощение катионов стронция и цезия. Необменное поглощение минеральной частью почвы возможно в результате защемления катионов в межплоскостных пространствах слоистых минералов.

2. Почва способствует поддержанию постоянного газового режима атмосферы Земли: содержание кислорода, азота, диокси-

да углерода, водорода и паров воды остается неизменным. Атмосфера в приземном слое состоит из азота — 78,08 %, кислорода — 20,95, аргона — 0,92, диоксида углерода — 0,04 и других газов — 0,01 %. Газовый состав атмосферы до зарождения жизни на Земле, по мнению ученых, был иным, в приземном слое преобладали аммиак, метан, водород. Современный газовый состав сформировался с появлением жизни на Земле под влиянием живых организмов.

3. Почва участвует в круговороте воды на Земле. Эта роль почвы связана с процессами миграции и аккумуляции веществ в сопряженных ландшафтах в соответствии с рельефом местности.

Огромное количество воды, поступающее с осадками, частично испаряется из почвы и при транспирации растений в атмосферу, другая часть стекает в реки, озера или, просачиваясь через почвы и верхние слои осадочных пород, поступает в грунтовые воды. Делювиальные воды приносят в реки минеральные и органические вещества. Почва оказывает большое влияние на формирование поверхностного и грунтового стоков, образование донных отложений Мирового океана, биогеохимический круговорот.

Экологические функции почвы общепланетарного масштаба обобщены в табл. 1.

Таблица 1. Глобальные функции почв (педосферы) (по Добровольскому и Никитину, 1990)

Сферы влияния			
Литосфера	Гидросфера	Атмосфера	Биосфера
Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые воды	Поглощение и отражение солнечной энергии	Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши
Источник вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых	—	Регулирование влагооборота атмосферы	Связующее звено биологического и геологического круговорота веществ
Передача аккумулированной солнечной энергии в глубокие слои атмосферы	Участие в формировании речного стока	Источник твердого вещества и микроорганизмов, поступающих в атмосферу	—

Окончание табл. 1

Сферы влияния			
Литосфера	Гидросфера	Атмосфера	Биосфера
—	Фактор биопродуктивности водоемов за счет приносимых почвенных соединений	Поглощение и удержание некоторых газов, поступающих в атмосферу	Защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы
Защита литосферы от чрезмерной эрозии и условие ее нормального развития	Сорбционный, защищающий от загрязнений барьер акваторий	Регулирование газового режима атмосферы	Фактор биологической эволюции

4. Обладая свойством плодородия, почва является основным средством производства в сельском хозяйстве. Используя почву как средство производства, человек изменяет ее свойства, режимы и плодородие, оказывает влияние на природные факторы почвообразования. Вырубка лесов, возделывание сельскохозяйственных культур меняют растительность; осушение или орошение меняют водный режим почвы. Большое влияние на почву оказывают приемы обработки, применение удобрений и химическая мелиорация, которые зачастую изменяют ее свойства коренным образом. Таким образом, почва становится не только средством производства и предметом труда, но и частично продуктом этого труда.

Глава 2

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

2.1. Происхождение минералов

Планета Земля состоит из минералов и горных пород, которые служат основой формирования почв и определяют их свойства.

Минералы являются природными химическими соединениями различных элементов, могут быть твердыми — кварц (SiO_2); доломит [Ca , $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$]; гематит (Fe_2O_3); микроклин [$(\text{K}_3\text{Na})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]; галит (NaCl); кальцит (CaCO_3); магнезит (MgCO_3) и др.; жидкими — вода (H_2O); газообразными — диоксид углерода (CO_2); аммиак (NH_3); метан (CH_4); водород (H_2) и др. Известно более двух тысяч минералов. Минералы, часто встречающиеся и образующие основу горных пород, называют породообразующими. Содержание минералов в земной коре представлено в табл. 2.

По данным американского геохимика Ф. У. Кларка, среди породообразующих минералов преобладают полевые шпаты, пироксены, кварц, в которых содержание кислорода (49 %), кремния (26 %), алюминия (7,45 %) составляет по массе 82,5 %. Остальных элементов значительно меньше. Например, калия — 2,35 %, фосфора — 0,12, азота — 0,04 %.

Горные породы — природные агрегаты минералов, образующие геологические тела более или менее постоянного химического состава. Форма, размеры и взаимное расположение минералов обуславливают структуру и текстуру горных пород.

Минералы, образовавшиеся в недрах земной коры из компонентов магмы, называют первичными: лабрадор — $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, микроклин — $[(\text{K}_3\text{Na})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$, ортоклаз — $\text{K}_2[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}]$, кварц — SiO_2 , слюда — $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$, флюорит — CaF_2 , кальцит — CaCO_3 , сидерит — FeCO_3 , пирит — FeS_2 и др.

Таблица 2. Содержание породообразующих минералов в земной коре (по А. Е. Ферсману)

№ п/п	Название минерала	% по массе
1	Полевые шпаты: ортоклаз $K_2[Al_2Si_6O_{16}]$, микроклин $[(K_3Na)(AlSi_3O_8)]$ и др.	55
2	Пироксены — $R_2[Si_2O_6]$, где R — Na, Ca, Mg, Fe, Al и др. Например, эгирин — $Na Fe[Si_2O_6]$ и амфиболы — цепочечные силикаты, содержащие калий, натрий, кальций, алюминий, железо, кремний, фтор и др., в основном которых структура $[Si_4O_{11}]$	15
3	Кварц и его разновидности — горный хрусталь, аметист, халцедон, цитрин и др.	12
4	Вода в свободном и поглощенном состоянии	8, 25
5	Слюды	3
6	Оксиды и гидроксиды — Fe_2O_3 , Al_2O_3 , $SiO_2 \cdot nH_2O$, $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, $Al(OH)_3$ и др.	3
7	Глинистые минералы — каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, монтмориллонит $[Al_4(OH)_4Si_8O_{20}] \cdot nH_2O$, вермикулит $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg)_{2-3}(OH)_2[(SiAl)_4O_{10}]4H_2O$	1,5
8	Кальцит — $Ca CO_3$	1,5
9	Фосфаты — $Ca_3(PO_4)_2$, $Ca_5[PO_4]_3OH$ и др.	0,75

Первичные минералы, попадая на дневную поверхность в результате вулканических процессов, подвергаются выветриванию. Величина частиц первичных минералов крупнее 0,001 мм.

В результате сложных физических, химических и биологических процессов образуются новые минералы, которые называют вторичными. По происхождению такие минералы делятся на две группы:

а) связанные с постмагматическими и метаморфическими, главным образом гидротермальными процессами (образовавшиеся в результате серитизации, хлоритизации, каолинизации и др.);

б) связанные с гипергенными процессами (выветриванием и химической седиментацией) — это различные глинистые минералы, оксиды и гидроксиды, карбонаты, хлориды, сульфаты и др.

Вторичные минералы преобладают в виде частиц менее 0,001 мм.

Под *выветриванием* понимают изменение физического состояния и химического состава минералов и горных пород под

воздействием воды, воздуха, температурных колебаний, живых организмов, делювиальных потоков (талых и дождевых вод), деятельности моря, рек и ледников. Различают физический, химический и биологический типы выветривания, которые происходят, как правило, одновременно, с различной интенсивностью. В разных природных зонах, в зависимости от создавшихся условий, преобладает, как правило, одно из них.

Физическое выветривание — механическое разрушение горных пород и минералов без изменения их химического и минералогического составов. Физическое выветривание усиливается при больших амплитудах температур, проникновении воды в трещины горных пород. Разрушение увеличивается при замерзании воды.

В жарком климате действие, аналогичное замерзающей воде, производят соли. Они проникают в трещины горных пород в растворенном виде вместе с влагой, а при ее высыхании кристаллизуются. При росте кристаллов их объем увеличивается, и они оказывают существенное давление на стенки трещин. Например, CaSO_4 , присоединяя воду, превращается в гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), увеличиваясь в объеме на 33 %.

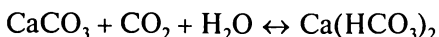
Раздробленные физическим выветриванием горные породы приобретают водопроницаемость и частичную влагоемкость, увеличивают общую поверхность, что благоприятствует химическому выветриванию. Усиление трещиноватости горных пород способствует также более легкому проникновению в них корней, таким образом активируя и биологическое выветривание.

Яркими примерами подавляющего господства процессов физического выветривания могут служить выровненные поверхности гольцов на Северном Урале, в горах Средней и Восточной Сибири, где среди каменных россыпей высятся лишь отдельные скалы причудливой формы — свидетельства былого состояния вершинной поверхности.

Физическое выветривание горных пород и минералов замедляется по мере уменьшения размеров образующихся в результате него частиц и практически сходит на нет по достижении ими состояния крупной пыли — т. е. частиц диаметром 0,05—0,01 мм.

Химическое выветривание — процессы разрушения первичных минералов и горных пород с изменением их минералогического и химического составов. Это химические реакции под влиянием воды, диоксида углерода и кислорода, приводящие к образова-

нию вторичных минералов в гидросфере и в зоне осадочных пород, особенно в поверхностных слоях. Повышение температуры воды и насыщение ее углекислым газом, который создает кислую реакцию, увеличивает разрушающее действие на минералы, повышает их растворимость. Например, растворимость кальцита значительно возрастает при содержании в воде CO_2 , он превращается в гидрокарбонат:



Наиболее распространенными реакциями при химическом выветривании являются окисление, гидролиз, гидратация, карбонатизация и оглинивание (образование глинистых минералов).

При химическом выветривании первичных минералов образуются вторичные в виде простых солей, гидроксидов, оксидов и глинных минералов. Образование вторичных минералов и их более высокая растворимость в воде создают условия для вовлечения химических элементов в биологический круговорот веществ. Замещение катионов или анионов в одних минералах приводит к образованию новых минералов (метасоматический процесс). Особое значение имеет образование глинных минералов, которые придают почвам агрономическое свойство — поглотельную способность, обеспечивающую важные для плодородия почвы режимы.

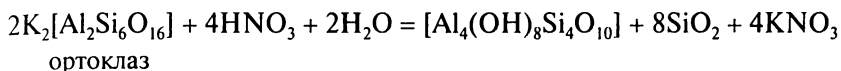
К скрытокристаллическим относят глинные минералы группы каолинита, монтмориллонита и гидрослюд. К группе каолинита относится каолинит — $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ — это двухслойный по кристаллической решетке минерал. Галлуазит — $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, образующийся при разрушении каолинита.

К группе монтмориллонита относится трехслойный по кристаллической решетке минерал монтмориллонит, структура которого отвечает формуле $[\text{Al}_4(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{O}_{20}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

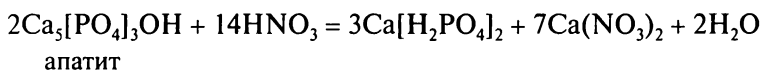
К группе гидрослюд относят продукты химического выветривания слюд и полевых шпатов: иллит $(\text{K}, \text{H}_2\text{O})\text{Al}_2(\text{OH})_2 [(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$, вермикулит $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3(\text{OH})_2 [(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и др. В почвах содержатся минералы, не относящиеся к глинным, но обладающие сходными свойствами — это цеолиты — группа алюмосиликатов кальция, натрия, калия, обладающие высокими адсорбционными свойствами по отношению к катионам.

Под *биологическим выветриванием* понимают механическое разрушение и изменение химического состава горных пород и минералов под влиянием живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Корни растений и микроорганизмы выделяют диоксид углерода и органические кислоты, разрушающие минералы.

Нитрификаторы образуют азотную кислоту, серобактерии — серную кислоту. Под действием этих кислот на минералы образуются легкорастворимые в воде соединения, катионы или анионы которых легко поглощаются растениями и микроорганизмами:



Калийная селитра — KNO_3 легкорастворимая соль, катион K^+ легко поглощается растениями из раствора.



Образующийся монофосфат кальция растворяется в воде, и анион фосфорной кислоты становится доступным для растений.

Значительное влияние на минеральную и органическую часть почвы оказывают черви, личинки различных насекомых и другие животные. Диатомовые водоросли способны разлагать алюмосиликаты, силикатные бактерии разрушают полевые шпаты; грибы рода *Penicillium* способны разрушать первичные минералы; лишайники разрушают породы механически и изменяют их химический состав. Минералы, образующиеся при участии живых организмов, называют биолитами: диатомиты, кораллы, известняк, каменный и бурый угли и др.

В слое земной коры от поверхности до грунтовых вод, создаются благоприятные условия для выветривания минералов и горных пород, где происходит периодическое смачивание фильтрующимися дождевыми и талыми водами, содержится достаточно воздуха, изменяются температура и атмосферное давление, поэтому этот слой земной коры называют корой выветривания.

Процессы выветривания в большой степени обусловлены климатом. В условиях засушливого климата растворимые продукты выветривания остаются и накапливаются, а в условиях влажного климата выщелачиваются, вымываются в нижележащие слои и в грунтовые воды.

Различают два основных типа коры выветривания: сиаллитную и аллитную. Сиаллитная кора формируется в регионах с умеренно влажным климатом, для нее характерно содержание в составе пород 65—75 % SiO_2 и 10—15 % Al_2O_3 , образование глинных минералов монтмориллонитовой группы и гидрослюд. Аллитная кора выветривания формируется в условиях влажного субтропического и тропического климата. Для нее характерно повышенное содержание алюминия в породах (до 35 % Al_2O_3) при снижении до 50 % содержания SiO_2 , преобладание минералов группы гидроокисей железа и алюминия, разрушение первичных минералов, вынос оснований и кремнезема. В составе глинных минералов преобладают каолинит или галлуазит.

2.2. Образование горных пород

Горные породы — природные агрегаты минералов более или менее постоянного состава, образующие самостоятельные геологические тела. Термин «Горная порода» впервые в современном смысле употребил в 1798 г. русский минералог и химик В. М. Севергин. По происхождению, строению и свойствам горные породы подразделяют на магматические, метаморфические и осадочные.

Магматические породы образовались при остывании и кристаллизации магмы. Магма (от греч. *magma* — густая мазь) — расплавленная масса преимущественно силикатного состава, образующаяся в глубинных зонах Земли. При внедрении магмы в земную кору или при ее излиянии на поверхность Земли формируются магматические горные породы. Различают эффузивные и интрузивные магматические породы. Эффузивные породы образовались при излиянии магмы из глубины Земли на ее поверхность во время глубинной активности по вулканическим каналам или трещинам в земной коре. К таким породам относятся андезиты, базальты, диабазы, пемза, вулканическое стекло и др. Интрузивные породы образовались при остывании магмы в толще земной коры: в таких условиях постепенного остывания образуются граниты, диориты, габбро и др. В состав гранитов входят 65—75 % кварца, полевые шпаты (ортоклаз, микроклин), роговая обманка, слюды. В составе габбро 40—52 % SiO_2 , плагиоклазы, пироксены, оливин $(\text{MgFe})_2[\text{SiO}_4]$. Все породы магматического происхождения называют первичными.

Метаморфические горные породы образовались из магматических или осадочных пород в недрах Земли в результате сложных превращений, изменения (метаморфизма) их минералогического состава, структуры и текстуры. К таким породам относят гнейсы, кварциты, сланцы и др.

Все осадочные горные породы, образовавшиеся в результате осаждения химических солевых минералов в гидросфере, землестых масс из суспензии текучих вод или органического материала в виде остатков растений, называют вторичными.

В земной коре магматические породы составляют 95 %, а на долю осадочных пород приходится около 5 %. Если рассматривать только так называемую зону гипергенеза, т. е. слои, выходящие на дневную поверхность или залегающие близко к ней, и гидросферу, то в ней осадочных пород окажется около 70—75 %, магматических — 20—25 %.

Большая группа осадочных пород образовалась в результате физического выветривания магматических и метаморфических горных пород и переотложения минеральных частиц ветром, реками, морем, ледниками и водой. Такие породы стали рыхлыми, воздухо- и водопроницаемыми, в них усилились реакции химического выветривания.

Выделяют три группы осадочных пород: обломочные, химические и органогенные. К обломочным относят грубообломочные (валуны, галька, гравий), песчаные (0,05—2,0 мм), пылеватые (0,05—0,005 мм), глинистые (<0,005 мм) и смешанные (почвообразующие): моренные, озерно-ледниковые отложения, суглинки и глины, лессовидные суглинки, лессы.

К химическим осадочным породам относятся известковые туфы (кальцит — CaCO_3), калийные соли: карналлит — $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, сильвинит — $m\text{KCl} + n\text{NaCl}$, гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, глинные минералы.

К органогенным осадочным породам относятся известняки (ракушечные, коралловые), диатомиты, состоящие из панцирей диатомовых водорослей, трепелы, опоки — легкие, тонкопористые породы, состоящие из аморфного кремнезема с примесью песка и глинистых частиц. Горючие осадочные породы (торф, сапропель, ископаемые угли), жидкие породы (нефть), газообразные — горючие газы.

Глава 3

ОБЩАЯ СХЕМА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

3.1. Общая схема почвообразовательного процесса

Под почвообразовательным процессом понимают зарождение и эволюцию почвы под влиянием факторов почвообразования (материнская порода, климат, растительный и животный мир, геологический возраст территории, хозяйственная деятельность человека). Это совокупность биофизико-химических процессов, наиболее важными из них являются следующие:

- 1) превращения минералов горной породы, из которой образуется почва;
- 2) накопление в ней органических остатков и их постепенная трансформация;
- 3) взаимодействие минеральных и органических веществ с образованием сложных органо-минеральных соединений;
- 4) накопление в верхней части почвы биофильных элементов, прежде всего элементов питания для живых организмов;
- 5) перемещение продуктов почвообразования с током воды в профиле формирующейся почвы.

Почва как природное образование представляет собой поверхностный, относительно маломощный по сравнению с отложениями горных пород горизонт земной коры, обладающий плодородием. В этом горизонте земной коры создаются условия для активного взаимодействия атмосферы, литосферы, растительных и животных организмов и других факторов почвообразования. Этот слой земной коры участвует во всех процессах превращения и перемещения веществ, происходящих в биосфере, связанных с обменом веществ в живых организмах и экосистемах. Биотические и абиотические процессы, происходящие

при образовании почвы, тесно взаимосвязаны с геологическим, биологическим и биогеохимическим круговоротами веществ и энергии на Земле.

Под геологическим круговоротом веществ понимают последовательность формирования горных пород, их первичные пространственные взаимоотношения, химический и минералогический составы, изменение в земной коре и на поверхности Земли, закономерности и условия образования и изменения осадочных пород, их вещественный состав и строение. Происходят сложные физико-химические процессы разрушения горных пород и минералов, их денудация. Денудация (от лат. *denudation* — обнажение) — совокупность процессов сноса и удаления с возвышенностей продуктов разрушения горных пород с последующим их накоплением в понижениях рельефа. Очень подробное определение геологического круговорота веществ дал известный отечественный геохимик и почвовед В. А. Ковда: «Геологическим круговоротом веществ с точки зрения почвоведения называется вся совокупность процессов образования земной коры, магматических и осадочных горных пород и минералов, обособления ее стратиграфических горизонтов, коры выветривания и форм рельефа, денудации и формирования водного, твердого и химического стока, седиментации и аккумуляции веществ, принесенных наземными и подземными водами и эоловым путем».

Геологический круговорот веществ является первичным условием в почвообразовательном процессе. С его помощью формируется материнская порода, которая является необходимым условием в почвообразовании и оказывает огромное влияние на химический, минералогический и гранулометрический составы и свойства почвы. В начале почвообразовательного процесса преобладают абиотические процессы: физические, физико-химические, химические, происходящие на атомно-ионном, молекулярном и коллоидном уровнях: растворение, осаждение, испарение, конденсация, сорбция, диффузия и др. Эти процессы небиологической природы И. П. Герасимов назвал элементарными почвенными процессами первого порядка, которые еще не объединены в биогеохимический круговорот веществ, это подготовительная предпочвенная стадия.

Геологический круговорот веществ может происходить без участия биосферы. Появление биосферы и образование почв значительно изменяют поверхностный и грунтовый стоки, образование осадочных, поверхностных и донных отложений. Мик-

роорганизмы, растения и почвенная фауна значительно влияют на интенсивность и направленность процессов трансформации и перемещения веществ в ходе геологического круговорота. К абиотическим процессам добавляется биологический круговорот веществ. Биота поглощает минеральные элементы в почвообразующей породе, перемещает их в поверхностные горизонты и накапливает в верхних горизонтах органические вещества, что способствует образованию органо-минеральных соединений.

Вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности и отмирания биоты, окисляются, минерализуются, гумифицируются и накапливаются в почве. Образующиеся вещества снова поглощаются биотой и мигрируют по профилю почвы под влиянием не только биоты, но и абиотических процессов: климата, водно-физических, сорбционных и других свойств почвы. При этом биота противостоит миграции веществ под влиянием сил гравитации и поверхностного стока воды, способствует накоплению веществ в верхних горизонтах почвы.

В процессах биологического поглощения и трансформации веществ элементы возвращаются в почву в других соединениях, которых не было в горных породах, как правило, в растворимых формах, доступных для усвоения биотой. Это приводит к возрастанию биопродуктивности наземных экосистем и объема биологического круговорота веществ. На этой стадии почвообразовательного процесса содержание лабильных (доступных) веществ превышает их возможное поглощение биотой за один цикл, т. е. создается резервный фонд питательных веществ.

При развитии биосферы и почв сформировались биологический и биогеохимический круговороты. Биологический круговорот, по определению В. А. Ковды, включает «сумму циклических процессов обмена веществ и энергии между средой и совокупностью растительных и животных организмов».

Биологический круговорот веществ при образовании почвы с участием высших растений способствует профильной дифференциации почв. Растения перекачивают биофильные элементы из различных почвенных горизонтов на поверхность. Это перемещение имеет антигравитационную направленность, величина его зависит от размещения и поглощения корневой системы в почве и мест аккумуляции мортмассы. Масштабы такого перемещения больше в лесных экосистемах.

С возрастанием масштабов биологического круговорота элементарные почвенные процессы первого порядка достигают оп-

редделенного уровня и упорядоченности в пространстве и во времени, начинается формирование признаков почв, таких как оподзоливание, гумусонакопление, торфообразование, агрегатобразование, изменяются состав и физические свойства почвы.

Биотические и абиотические процессы трансформации и перемещения веществ в почвах включаются в сложный биогеохимический круговорот. В этом едином круговороте все вещества, дифференцированно распределенные в почвенном профиле, подвергаются абиотической миграции и биологическому поглощению. Поглощенные и синтезированные биотой вещества освобождаются при отмирании и разложении биоты, а возвращаясь в почву, дифференцируются по почвенному профилю, при этом биофильные элементы накапливаются в верхних горизонтах почвы. Происходит взаимодействие органических веществ с минеральной частью почвы и накопление органо-минеральных соединений.

Под воздействием физических процессов образующиеся вещества мигрируют по профилю почвы. Поверхностный и грунтовый стоки частично перемещают вещества за пределы почвы в почвообразующие породы, в грунтовые воды, в Мировой океан, таким образом вещества включаются в большой геологический круговорот.

По определению почвоведов, биогеохимический круговорот представляет собой систему согласованных в пространстве и во времени трансформационных и миграционных потоков вещества, протекающих последовательно или в фазе биоты, или в неживых фазах почвы. Для биологического и биохимического круговоротов свойственны избирательность поглощения организмами необходимых элементов из почвы и цикличность, связанная с поступлением солнечной радиации на поверхность Земли и с циклами развития растительных организмов.

Почвообразовательные процессы в условиях биогеохимического круговорота веществ приводят к формированию конкретных почвенных типов с индивидуальным строением почвенного профиля.

Таково влияние геологического, биологического и биогеохимического круговоротов веществ на почвообразовательный процесс.

Главными агентами в почвообразовательном процессе выступают живые организмы и продукты их жизнедеятельности. Образование почв началось с появлением жизни на Земле. Физиче-

ское и химическое выветривание плотных горных пород подготавливали условия для поселения первых живых организмов: бактерий, лишайников, водорослей. На поверхности горных пород стали накапливаться органические соединения, образуемые простейшими. Часть органических соединений вступала в реакцию с минеральными веществами с образованием органо-минеральных комплексов. Так начинался первичный почвообразовательный процесс.

Постепенно доступность минеральных элементов для биоты повышалась. Благодаря продолжающимся процессам выветривания горных пород увеличилась их поглотительная способность, улучшилось обеспечение живых организмов водой. Создавались условия для поселения и размножения более требовательных к условиям жизни низших организмов — лишайников, а затем и высших растений.

На участках земной поверхности с характерными особенностями микроклимата, геологического строения рельефа, почвы, водного режима формируются соответствующие биогеоценозы. По определению В. Н. Сукачева (1940): «Биогеоценоз — однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва (строго говоря, являющаяся биокосным образованием) и др.) компонентов и динамическим взаимодействием между ними (обменом веществ и энергии)».

При биологическом поглощении и трансформации веществ в живых организмах элементы возвращаются в почву в составе качественно иных соединений, которые становятся легко доступными для последующих поколений живых организмов. Происходит накопление азотосодержащих органических соединений гумусовой природы и минеральных форм азота.

При биологическом выветривании фосфатов горных пород в почве накапливаются доступные для растений минеральные и минерально-органические соединения фосфатов.

В результате трансформации минеральной части в почве формируется состав обменно-сорбированных катионов калия, кальция, алюминия, магния и других макро- и микроэлементов.

Высшие растения, поглощая элементы питания в глубоких слоях почвы, перемещают их ближе к поверхности. Кроме того, большое количество органического вещества и минеральных элементов попадает на поверхность почвы с растительным опа-

дом. Все эти процессы способствуют формированию почв, которое продолжается неопределенно долго.

В сформированном биogeоценозе совершается биологический круговорот веществ в системе почва — растения — животные организмы — почва. Каждый цикл этого малого круговорота повторяет предыдущий, но полной замкнутости не существует, часть элементов просачивается с водой в грунтовые воды, вымывается за пределы ценоза и вовлекается в большой геологический круговорот веществ в природе. Но одновременно происходит и поступление в почву новых элементов из минералов почвообразующей породы, в результате жизнедеятельности азотофиксирующих, нитрифицирующих и аммонифицирующих микроорганизмов накапливаются соединения азота.

В зависимости от сложившихся климатических, геологических и геоморфологических факторов формируется большое разнообразие почв. Почвы, их свойства и режимы постоянно изменяются под воздействием природных факторов. На большей части территории России в результате материкового оледенения почвообразовательный процесс был прерван, почти весь дочетвертичный почвенный покров был разрушен. На пути распространения ледников почвенный покров был снесен. На прилегающих к ледникам пространствах почвы были или эродированы флювиогляциальными потоками, или перекрыты флювиогляциальными и аллювиальными отложениями.

После окончания действия ледников на четвертичных осадочных смешанных горных породах ледникового и водно-ледникового происхождения начался современный почвообразовательный процесс. В современный геологический период почвообразовательный процесс отличается от первичного. Четвертичные осадочные горные породы передают образующимся на них почвам свои свойства и признаки, которыми стали обладать в процессе трансформации из первичных горных пород в рыхлые осадочные. Меняется и последовательность поселения живых организмов на этих породах: на них сразу могут поселяться высшие растения.

Таким образом, почва претерпевает во времени разнообразные изменения, связанные с ее природным генезисом, особенно при изменении факторов почвообразования. Совокупность всех изменений в почве от начала ее образования до сегодняшнего дня называют эволюцией почвы.

Такова общая схема почвообразовательного процесса. Конкретные особенности образования и развития почв зависят от сложившихся природных условий и антропогенных факторов. Факторы почвообразования, конкретное их проявление в формировании основных типов почв изложено в последующих главах.

3.2. Факторы почвообразования

В различных природных зонах, в зависимости от конкретных условий, сформировались разные по внешнему виду и уровню плодородия почвы. Минералогический состав и свойства материнской породы, климат, состав произрастающей растительности, рельеф и другие условия по-разному влияют на почвообразовательный процесс в зависимости от их конкретного сочетания. Экологические условия, способствующие почвообразованию, влияющие на его скорость и результативность, В. В. Докучаев назвал факторами почвообразования. К ним относятся материнская порода, климат, растительные и животные организмы, рельеф местности и возраст страны (время). Наряду с этими пятью природными факторами почвообразования сегодня принято выделять шестой фактор — производственную деятельность человека, которая может коренным образом изменить направленность почвообразовательного процесса.

3.2.1. Почвообразующие породы

Почвообразующими или материнскими называют горные породы, которые явились материальной основой, средой, на которой образовались почвы. Формируясь на почвообразующих породах под влиянием различных экологических условий, почвы перенимают от них гранулометрический, минералогический и химический составы, а также физические и физико-химические свойства.

На магматических горных породах происходит первичный почвообразовательный процесс при отсутствии ясно выраженных почвенных признаков в твердой фазе, так как они являются массивно-кристаллическими, имеют плотное сложение. На них нет благоприятных условий для развития биоты. После сложных

процессов разрушения, превращений и денудации магматические породы обуславливают состав и свойства осадочных горных пород.

Значение метаморфических пород в образовании почв также невелико, так как на них условия для развития биоты, как правило, неблагоприятны и они занимают относительно небольшие территории, а большая часть поверхности Земли (>75 %) покрыта осадочными породами.

Осадочные смешанные породы сформировались в последний геологический период эры кайнозоя — четвертичный, поэтому их называют четвертичными. Породы, залегающие под четвертичными, относят к коренным. При выходе коренных пород на поверхность они постепенно превращаются в почвообразующие.

В зависимости от условий формирования осадочные породы имеют различный состав, строение, сложение и свойства, которые отражаются на процессе почвообразования и плодородии почв.

Элювиальные породы, или элювий, образуются при выветривании коренных пород и промывании продуктов выветривания на месте их образования на равнинных плато и на выровненных водоразделах. Свойства элювиальных пород зависят от свойств исходной породы, климата и рельефа. На элювии карбонатных пород формируются плодородные дерновые почвы.

Делювиальными породами или, делювием, называют наносы, отложенные на склонах дождевыми и тальными водами. Поверхностный склоновый сток образует делювиальные наносы с большей мощностью у основания склона. Для делювия характерны сортированность и хорошо выраженная слоистость.

Пролувий образуется у подножия гор в результате деятельности временных водных и селевых потоков. Для пролувия характерна плохая сортированность и включения крупнообломочного материала.

Аллювиальные породы, или аллювий, представляют собой осадки, оседающие при разливе рек (пойменный аллювий). Аллювий пойм богат органическим веществом, служит материнской породой для пойменных почв, которые отличаются высоким плодородием.

Ледниковые (моренные) отложения — продукты выветривания горных пород, перемещенные, переработанные и отложенные ледником. Для морен характерны несортированность, неоднородный гранулометрический состав, наличие валунов, часто обо-

гашенность песчаными фракциями. По химическому составу морены бывают карбонатными и бескарбонатными. Карбонатные морены по составу и свойствам более благоприятны для растений, на них формируются плодородные дерново-карбонатные почвы. Бескарбонатные морены способствуют преобладанию подзолистого процесса почвообразования.

Лессы — неслоистые однородные тонко-зернистые известковистые осадочные породы светло-желтого или палевого цвета. Для лессов характерны карбонатность, пылевато-суглинистый гранулометрический состав с преобладанием частиц 0,01—0,05 мм, хорошая водопроницаемость. Более крупные частицы состоят чаще из кварца и полевого шпата, пористость 40—45 %. Залегают в виде покровов мощностью от нескольких до 100 метров на водоразделах и склонах, имеют различный генезис, до сих пор остающийся предметом научных дискуссий: по разным теориям в различных условиях лессы могли образоваться под влиянием поверхностного стока, водно-ледниковых потоков, золовым путем и др.

Лессовидные суглинки — осадочные породы, напоминающие лессы, от которых отличаются меньшей карбонатностью, крупной зернистостью, слоистостью с прослойками галечника.

По своим свойствам лессы и лессовидные суглинки являются благоприятными для развития растительных формаций. При благоприятных экологических условиях на этих породах образуются плодородные черноземные, каштановые, серые лесные почвы.

Флювиогляциальные, или водно-ледниковые отложения, сформировались под влиянием водно-ледниковых (флювиогляциальных) потоков, вытекающих из-под ледника при его таянии. Для этих отложений характерны сортированность, слоистость, они не содержат валунов, бескарбонатны. По гранулометрическому составу такие отложения являются песчаными или песчано-галечниковыми. На флювиогляциальных отложениях формируются малоплодородные почвы, бедные гумусом, питательными веществами, обладающие малой влагоемкостью.

Озерные и морские отложения формируются при изменении береговой линии озер или морей в результате их регрессии. При высыхании озер и отступлении морей донные отложения оказываются на дневной поверхности. Эти отложения отличаются слоистостью и большой аккумуляцией солей. Такие породы обуславливают образование засоленных почв.

Золовые отложения формируются под влиянием ветра, образующего песчаные наносы — бугры, дюны, барханы.

3.2.2. Климат как фактор почвообразования

Климат — многолетний статистический режим погоды, это одна из основных географических характеристик местности. Название произошло от греческого слова *klima*, означающего «наклон», в данном случае наклон земной поверхности к солнечным лучам. Из географических факторов, влияющих на климат, наиболее существенны широта и высота местности, близость к морскому побережью, особенности рельефа и растительного покрова.

Климат играет огромную роль в процессах почвообразования, его влияние очень многообразно. Основными метеорологическими элементами, определяющими характер и особенности климатических условий, являются температура и осадки. Годовое количество поступающего тепла и влаги, особенности их суточного и сезонного распределения обуславливают совершенно определенные процессы почвообразования. Климат влияет на характер выветривания горных пород, воздействует на тепловой и водный режимы почвы. Движение воздушных масс (ветер) влияет на газообмен почвы и захватывает мелкие частички почвы в виде пыли. Но климат оказывает влияние на почву не только непосредственно, но и косвенно, поскольку существование той или иной растительности, обитание тех или иных животных, а также интенсивность микробиологической деятельности обусловлена именно климатическими условиями.

В почвоведении используют следующие показатели климата: годовое количество осадков, коэффициент увлажнения почв, среднегодовую температуру воздуха, сумму среднесуточных температур воздуха за период с температурой выше 10 °C, продолжительность периода вегетации растений.

Например, по сумме среднесуточных температур выше 10 °C за период вегетации растений климат принято делить на следующие группы (табл. 3).

Климаты термических групп формируются по широтным поясам земного шара. Эти пояса характерны не только температурными условиями, но и определенными растительными формациями и почвами. Пояса называют почвенно-биоклиматическими или почвенно-биотермическими. От климата зависит тепловой режим, скорость химических и биохимических процессов, биологическая активность почвы.

Таблица 3. Группы климата по сумме среднесуточных температур воздуха выше 10 °С за 1 год

Группы	Климат	Сумма среднесуточных температур воздуха за период выше 10 °С, °С
1	Холодный (полярный)	Менее 600
2	Холодно-умеренный (бореальный)	600—2000
3	Теплоумеренный (суббореальный)	2000—3800
4	Теплый (субтропический)	3800—8000
5	Жаркий (тропический)	Более 8000

Отношение годового количества осадков к испаряемости с открытой водной поверхности в миллиметрах (мм) Г. Н. Высоцкий предложил называть коэффициентом увлажнения (КУ). По коэффициенту увлажнения различают следующие группы климатов (табл. 4).

Таблица 4. Группы климатов по величине отношения годового количества выпадающих осадков к испаряемости за этот же период с открытой водной поверхности, мм

Группы	Климат	Коэффициент увлажнения (по Г. Н. Высоцкому, Н. Н. Иванову), КУ
1	Очень влажный (экстрагумидный)	>1,33
2	Влажный (гумидный)	1,33—1,00
3	Полувлажный (семигумидный)	1,00—0,55
4	Полусухой (семиаридный)	0,55—0,33
5	Сухой (аридный)	0,33—0,12
6	Очень сухой (экстрааридный)	<0,12

Кроме названных групп климатов применяют гидротермический коэффициент (ГТК) по Г. Т. Селянинову, отражающий отношение количества осадков за определенный период к сумме среднесуточных температур выше 10 °С за этот период.

От влажности климата зависит водный режим, окислительно-восстановительный потенциал и степень выщелоченности почв при идентичных термических условиях. Большое влияние на почвообразовательный процесс оказывает континентальность

климата, выражающаяся в том числе в очень низких зимних температурах, которые характерны для полярной, бореальной и суббореальной групп климата. Глубина зимнего промерзания почв и характер их оттаивания обуславливают термический режим нижних горизонтов почв.

Сочетание температурных условий и увлажнения обуславливает тип растительности, темпы накопления и минерализации органического вещества, состав и интенсивность деятельности почвенной флоры и фауны.

От климата зависит процесс трансформации минеральных соединений в почве, аккумуляция продуктов почвообразования, развитие ветровой и водной эрозии почв.

3.2.3. Биота как фактор почвообразования

Основными группами живых организмов биологического фактора почвообразования считаются бактерии, водоросли, лишайники, простейшие, высшие растения, беспозвоночные и позвоночные животные. Каждой группе живых организмов свойственны особые функции в процессе почвообразования.

Микроорганизмы. Известно, что первичный почвообразовательный процесс начинался с поселения микроорганизмов на горных породах. Выделяемые микроорганизмами диоксид углерода, органические и минеральные кислоты и физиологически активные вещества разлагали трудно растворимые минералы, способствовали образованию легкорастворимых в воде соединений, катионы и анионы которых легко поглощаются живыми организмами.

В образовавшихся почвах находится огромное количество микроорганизмов. По данным Е. Н. Мишустина (1987), количество микроорганизмов колеблется от нескольких сотен в 1 г дерново-подзолистых почв до 3 миллиардов в черноземах. Масса микроорганизмов в черноземных почвах может составлять от 3 до 8 т/га.

Среди микроорганизмов преобладают гетеротрофные и автотрофные бактерии. Среди них есть аэробные, нуждающиеся в свободном кислороде, и анаэробные, осуществляющие жизнедеятельность без доступа свободного кислорода за счет разложения окисленных соединений. Бактерии участвуют в процессах превращения органических и минеральных соединений в почвах.

Минерализация органического вещества в почве осуществляется гетеротрофными микроорганизмами в аэробных и анаэробных условиях. Аэробные микроорганизмы с помощью выделяемых ферментов разлагают белки, жиры, углеводы и другие органические вещества растительного и животного происхождения до диоксида углерода, воды и аммиака.

Анаэробные бактерии разлагают органические вещества с образованием недоокисленных органических соединений в несколько этапов с постепенным медленным разрушением и образованием продуктов медленной минерализации.

Очень большое значение для накопления в почве доступного для растений азота имеют процессы аммонификации и нитрификации — разложение белковых соединений до аммиака и окисление аммиака до азотистой и азотной кислот. Эти процессы осуществляются аммонифицирующими и нитрифицирующими бактериями.

Велика роль микроорганизмов в процессах гумификации при разложении органических веществ. Они образуют соединения для синтеза гумусовых веществ, из которых при участии микробных тел образуются гумусовые вещества.

Некоторые группы бактерий способны усваивать молекулярный азот из атмосферы, обогащать почву соединениями азота. К ним относятся свободноживущие аэробные (*Azotobacter*) и анаэробные (*Clostridium pasteurianum*) азотфиксаторы и живущие в симбиозе с бобовыми растениями клубеньковые бактерии. Молекулярный азот способны усваивать цианобактерии.

Микроорганизмы участвуют в формировании биохимического, окислительно-восстановительного, питательного, воздушного режимов и щелочно-кислотных условий почвы. Все сказанное свидетельствует о важной роли микроорганизмов в почвообразовании и создании почвенного плодородия.

Грибы — царство гетеротрофных примитивных организмов, разнообразных по строению и образу жизни, лишенных хлорофилла и питающихся готовыми органическими веществами. Переваривание внеклеточное с помощью выделяемых ферментов и осмотического поглощения питательных веществ всей поверхностью тела гриба. Грибы минерализуют растительные остатки в почве. Их количество достигает 1 млн в 1 г почвы. Грибы выделяют органические кислоты (лимонную, щавелевую, уксусную), которые разрушают минералы, способствуют разложению органических веществ и формированию фульвокислотного гумуса.

Плесневые грибы переносят очень кислую реакцию среды до $pH = 1$ (Мишустин Е. Н., Емцев В. П., 1987).

Грибы играют большую роль в круговороте веществ в природе. Они разлагают органические вещества, делая их доступными для автотрофных растений, способствуют повышению почвенного плодородия. Некоторые виды грибов в симбиозе с низшими и высшими растениями способствуют снабжению их водой и минеральными элементами, получая взамен органические вещества.

Водоросли — отдел низших растений, содержащих хлорофилл и синтезирующих органические вещества. Таллом водорослей без корней и листьев от долей микрона до 60 м и более. Особое значение в почвообразовательном процессе имеют водоросли, живущие в почве (диатомовые, зеленые и др.). Количество их в 1 г окультуренной почвы может достигать до 1 млн клеток. При благоприятных условиях увлажнения и достаточном содержании минеральных веществ почвенные водоросли могут образовать до 1 т/га органического вещества в основном в поверхностном слое почвы — 10 см. Водоросли оказывают большое влияние на почвообразовательный процесс, являясь источником органического вещества. Они участвуют в круговороте кальция и кремния. Диатомовые, зеленые водоросли способствуют образованию ила, осадочных пород (диатомиты, известняки). Одноклеточные водоросли в симбиозе с грибами образуют лишайники.

Лишайники — отдел царства грибов — симбиотические организмы грибов с водорослями или цианобактериями. Грибы снабжают лишайники водой и минеральными элементами, а используют органические вещества, синтезируемые водорослями и цианобактериями. Цианобактерии способны к азотфиксации. Лишайники могут жить в неблагоприятных условиях, первыми поселяются на материнских породах, создают органическое вещество. Выделения лишайников растворяют минеральные вещества, способствуя биологическому выветриванию горных пород. Первыми поселяются накипные лишайники, они являются необходимыми предшественниками появлению листоватых и кустистых лишайников. Лишайники способствуют почвообразованию, их жизнедеятельность обеспечивает образование гумуса, создает условия для поселения высших растений.

Растительность. Значение растительности в почвообразовании чрезвычайно велико и многообразно. Пронизывая корнями верхний слой почвообразующей породы, растения извлекают из

ее нижних горизонтов питательные вещества и закрепляют их в синтезированном органическом веществе. После минерализации отмерших частей растений заключенные в них зольные элементы отлагаются в верхнем горизонте почвообразующей породы, создавая этим благоприятные условия для питания следующих поколений растений. Так, в результате постоянного создания и разрушения органического вещества в верхних горизонтах почвы, приобретает наиболее важное для нее свойство — накопление, или концентрация элементов зольной и азотной пищи для растений. Это явление называется биологической поглощательной способностью почвы.

Вследствие разложения растительных остатков в почве накапливается перегной, имеющий огромное значение в плодородии почвы. Растительные остатки в почве являются необходимым питательным субстратом и важнейшим условием развития многих почвенных микроорганизмов.

В процессе распада органического вещества почвы выделяются кислоты, которые, воздействуя на материнскую горную породу, усиливают ее выветривание.

Сами растения в процессе своей жизнедеятельности выделяют своими корнями различные слабые кислоты, под влиянием которых труднорастворимые минеральные соединения частично переходят в растворимую, а следовательно, в усвояемую растениями форму.

Кроме того, растительный покров существенно изменяет микроклиматические условия. Например, в лесу, по сравнению с безлесными территориями, понижена летняя температура, увеличена влажность воздуха и почв, уменьшена сила ветра и испарение воды над почвой, накапливается больше снега, талых и дождевых вод — все это неизбежно отражается на почвообразовательном процессе.

В каждой природной зоне сформировались определенные биоценозы, в которых главную роль в накоплении органических веществ играют высшие растения. По предложению В. Р. Вильямса природные биоценозы называют растительными формациями. Он выделил следующие формации: *деревянистые* (таежные хвойные, широколиственные и влажные субтропические леса), *деревянисто-травянистые* (ксерофитные леса, кустарниковые ценозы, саванны), *травянистые* (суходольные и заболоченные луга, степи умеренного пояса, травянистые прерии), *пустынные и лишайниково-моховые* (тундры, верховые болота).

Перечисленные растительные формации отличаются по составу и количеству синтезируемого вещества, скорости и количеству его поступления в почву, процессам разложения органического вещества и взаимодействию продуктов разложения с минеральной частью почвы. При определении роли растительных формаций в почвообразовании учитывают следующие показатели биологического круговорота веществ: общую массу органических веществ, образованных растениями к моменту наблюдений, с разделением на корневую и надземную части; годичный прирост; годичный опад; зольный состав и содержание азота в составе всей массы растений; количество химических элементов в ежегодном приросте массы растений; отношение общего количества зольных элементов и азота в массе растений к их количеству в опаде.

Соотношение ежегодного прироста биомассы и опада в различных растительных формациях значительно различается по почвенно-климатическим зонам (табл. 5).

Таблица 5. Соотношение ежегодного прироста массы растений и опада в растительных формациях

Ежегодный прирост биомассы, т/га	Ежегодный опад, т/га	% опада от прироста
Таежно-лесная зона		
260	5,0	1,9
Лесостепная зона		
400	6,5	1,6
Степная зона		
25	13,7	54,8
Сухостепная зона		
10	4,2	42,0

Травянистая формация степной зоны синтезирует меньше биомассы, но ежегодный опад в 2 раза больше, чем в деревянистой и деревянисто-травянистой формациях.

В различных растительных формациях трансформация опада на поверхности почвы происходит по-разному. В лесу из опада листьев, хвои, веток, плодов, коры образуется лесная подстилка. Разложение лесной подстилки зависит от состава лесного ценоза, почвенной фауны и микрофлоры, климата, почвы и почвообразующей породы.

Травянистые формации синтезируют меньше органических веществ, но за счет укороченного жизненного цикла ежегодно возвращают в почву почти всю сформированную массу, богатую азотом и зольными элементами. При этом большую часть в опаде составляет корневая система. В верхней части почвы накапливается гумус, формируются гумусовые горизонты.

Скорость разложения органических остатков и образование гумуса зависят от состава травянистой растительности и ее продуктивности, климата, рельефа местности, почвообразующей породы, близости грунтовых вод. Все эти условия обуславливают образование различных типов почв под травянистыми формациями.

Важное значение для почвообразования имеют *животные организмы*, которых в почве очень много. Наибольшее значение имеют беспозвоночные животные, живущие в верхних почвенных горизонтах и в растительных остатках на поверхности. В процессе своей жизнедеятельности они значительно ускоряют разложение органических веществ и часто производят весьма глубокие изменения в химических и физических свойствах почвы. Большую роль играют и норные животные, такие как кроты, мыши, суслики, сурки и пр. Многократно перерывая почву, они способствуют смешиванию органических веществ с минеральными, а также повышению водо- и воздухопроницаемости почвы, что усиливает и ускоряет процессы разложения в почве органических остатков. Также они обогащают почвенную массу продуктами своей жизнедеятельности.

Растительность служит пищей для различных травоядных животных, поэтому, прежде чем попасть в почву, значительная часть органических остатков подвергается существенной переработке в пищеварительных органах животных.

3.2.4. Рельеф как фактор почвообразования

Рельеф оказывает косвенное влияние на формирование почвенного покрова. Его роль сводится в основном к перераспределению тепла и увлажнения. Значительное изменение высоты местности влечет за собой существенные изменения температурных условий (с высотой становится холоднее). С этим связано явление вертикальной зональности в горах. Сравнительно небольшие изменения высоты сказываются на перераспределении

атмосферных осадков: пониженные участки, котловины и западины всегда в большей мере увлажняются, чем склоны и повышения. Экспозиция склона определяет количество поступающей на поверхность солнечной энергии: южные склоны получают больше света и тепла, чем северные. Таким образом, особенности рельефа изменяют характер воздействия климата на процесс почвообразования. Очевидно, что в различных микроклиматических условиях процессы почвообразования будут идти по-разному. Большое значение в формировании почвенного покрова имеет и систематический смыв и перераспределение атмосферными осадками и талыми водами мелкоземельных частичек по элементам рельефа. Велико значение рельефа в условиях обильного выпадения осадков: участки, лишенные естественного стока излишней влаги, очень часто подвергаются заболачиванию.

По положению на рельефе, характеру перераспределения осадков, глубине нахождения грунтовых вод выделяют следующие группы почв, которые называют рядами увлажнения.

1. Почвы автоморфного ряда формируются на ровных поверхностях и склонах со свободным стоком поверхностных вод при глубоком нахождении грунтовых вод (глубже 4—6 м).

2. Почвы полугидроморфного ряда формируются при кратковременном застое поверхностных вод или возможном подпитывании корней растений грунтовыми водами, находящимися на глубине 3—4 м.

3. Почвы гидроморфного ряда формируются в условиях длительного поверхностного застоя вод или при нахождении грунтовых вод на глубине менее 3 м, которые могут подниматься по капиллярам до поверхности почвы.

Рельеф оказывает большое влияние на развитие эрозионных процессов. На склоновых формах рельефа возможно проявление водной эрозии почвы, на равнинах с засушливым климатом — ветровой эрозии.

3.2.5. *Возраст почв*

Почва — природное тело, находящееся в постоянном развитии, и тот вид, который сегодня имеют все существующие на Земле почвы, представляет собой лишь одну из стадий в длительной и непрерывной цепи их развития, а отдельные теперешние почвенные образования в прошлом представляли другие

формы и в будущем могут подвергнуться существенным превращениям даже без резких изменений внешних условий.

Различают абсолютный и относительный возраст почв. Абсолютным возрастом почв называют промежуток времени, прошедшей с момента возникновения почвы до нынешней стадии ее развития. Почва возникла тогда, когда материнская порода вышла на дневную поверхность и стала подвергаться процессам почвообразования. Например, в Северной Европе процесс современного почвообразования стал развиваться после окончания последнего ледникового периода.

Однако в пределах разных частей суши, которые одновременно освободились от водного или ледникового покрова, почвы далеко не всегда будут проходить в каждый данный момент одну и ту же стадию своего развития. Причиной этого могут быть различия в составе почвообразующих пород, в рельефе, растительности и других местных условиях. Различие в стадиях развития почв на одной общей территории, имеющей одинаковый абсолютный возраст, называют относительным возрастом почв.

Время развития зрелого почвенного профиля для разных условий — от нескольких сотен до нескольких тысяч лет. Возраст территории вообще и почвы в частности, а также изменения условий почвообразования в процессе их развития оказывают существенное влияние на строение, свойства и состав почвы. При сходных географических условиях почвообразования почвы, имеющие неодинаковые возраст и историю развития, могут существенно различаться и принадлежать к разным классификационным группам.

Возраст почв, следовательно, является одним из важнейших факторов, которые нужно учитывать при изучении той или иной почвы.

3.2.6. Производственная деятельность человека

В результате использования почв в производственной деятельности человек оказывает очень большое влияние на почву, которое приводит к изменению сложившегося почвообразовательного процесса. Происходит изменение состава и свойств почвы под влиянием внешних условий в отличие от изменений в процессе саморазвития.

Под влиянием антропогенного фактора плодородие почвы может увеличиваться или снижаться вплоть до полного уничтожения почвы в зависимости от грамотности ее использования, т. е. культуры земледелия.

В производственной деятельности земледельцы осваивают целинные почвы, обрабатывают их, вносят удобрения, создают новые агробиоценозы, проводят различные мелиорации, изменяют водный, пищевой, воздушный, окислительно-восстановительный режимы и щелочно-кислотную реакцию почвы. Таким образом, человеческий фактор становится решающим в почвообразовании и изменении плодородия почвы. Степень и направленность изменения плодородия почвы зависят от социально-экономических производственных отношений, уровня развития науки и техники.

Неграмотное использование почв без учета их свойств, с нарушением научно обоснованных рекомендаций по рациональному применению различных приемов приводит к снижению плодородия и даже разрушению почвы (ветровая и водная эрозия, вторичное засоление, заболачивание, загрязнение).

В промышленном и гражданском строительстве, при разработке и добыче полезных ископаемых происходит отчуждение почв из сельскохозяйственного использования или даже полное их уничтожение.

Все перечисленные факторы почвообразования тесно взаимосвязаны, они сочетаются в природе в экологические комплексы, обусловленные сопряженным развитием их компонентов.

Глава 4

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПОЧВ

В процессе образования почвы приобретают определенные морфологические признаки, которых не было в почвообразующей породе. К морфологическим признакам относят: строение почвенного профиля, мощность почвы и отдельных ее горизонтов, окраску, новообразования и включения.

4.1. Строение почвенного профиля

Почвы состоят из слоев или генетических горизонтов, характерных для каждой из них. Определенная последовательность расположения этих горизонтов, их мощность образуют почвенный профиль. Строение почвенного профиля — это его внешний вид, обусловленный определенной сменой горизонтов на вертикальном разрезе почвы. Горизонты различаются по цвету, структуре, сложению и другим признакам. Различное строение почвы приобретают под влиянием различных природных условий почвообразования и производственной деятельности человека.

В зависимости от строения почвенного профиля почвы получили свое название (черноземы, каштановые, дерново-подзолистые и др.). На почвенных картах названия почв обозначают индексами, например: Ч — черноземы; П^а — дерново-подзолистые и т. д.

Названия горизонтов тоже имеют свои индексы. Выделяют следующие генетические горизонты разных почв: лесная подстилка или степной войлок — А_о; гумусово-аккумулятивный — А; пахотный — А_п; гумусово-элювиальный — А₁; элювиальный — А₂; иллювиальный или переходный — В; торфяной — Т; глеевый — G; материнская порода — С; подстилающая порода — D. Переходные горизонты с морфологическими признаками выше- и нижележащих слоев обозначают двумя буквами, напри-

мер A_2B , BC , где первая буква — индекс вышележащего, вторая — нижележащего горизонта. Для обозначения особенностей иллювиального горизонта (B) в зависимости от накопления в нем продуктов вымывания применяют следующие обозначения: B_k — вымывание карбонатов; B_{Fe} B_g — соединений окисного и закисного железа; B_h — гумусовых веществ; B_i — илистых частиц почвы.

Гумусово-аккумулятивный горизонт (A) формируется в верхней части профиля при трансформации органического вещества растений. В нем не выражены процессы выщелачивания минеральных веществ, он более темной окраски. Выделяют гумусово-элювиальный горизонт (A_1), в котором выражены процессы разрушения и выщелачивания минеральных веществ в нижележащие слои.

Элювиальный горизонт (A_2) формируется при промывном водном режиме в процессе разрушения минеральной части почвы и вымывания продуктов разрушения в нижележащие горизонты. Окраска этого горизонта светлых тонов. В различных почвах он получил свои названия (подзолистый — в подзолистых почвах, осолоделый — в солодах).

Иллювиальный или переходный горизонт (B) формируется под элювиальными или гумусовыми горизонтами, является переходным к материнской породе. В почвах с элювиальным горизонтом A_2 под ним формируется иллювиальный горизонт, в который вымываются и аккумулируются различные продукты почвообразования (карбонаты, сульфаты, хлориды, гумусовые вещества, соединения железа, марганца). Это характерно для подзолистых и серых лесных почв. В черноземных и каштановых почвах, в которых не выражено выщелачивание минеральной части, горизонт B является переходным от гумусово-аккумулятивного горизонта к материнской породе. Если на черноземах и каштановых почвах элювиальный процесс обуславливает выщелачивание карбонатов из гумусового горизонта, то в иллювиальном горизонте может быть накопление карбонатов, формируется горизонт B_k .

Глеевый горизонт (G) формируется в почвах гидроморфного ряда. В условиях постоянного избыточного увлажнения и недостатка кислорода в почве совершаются анаэробно-восстановительные процессы, образуются закисные соединения железа и марганца, подвижные соединения алюминия, формируется глеевый горизонт сизоватой или голубоватой окраски.

Горизонт C представляет материнскую породу, мало затронутую почвообразовательным процессом.

Каждому почвенному типу характерно свое сочетание горизонтов. В почвенном профиле разных типов почв некоторые горизонты не формируются и отсутствуют. Мощность перечисленных горизонтов в различных типах почв весьма различная, от нескольких до 60—80 см. Под мощностью почвы понимают ее толщину от поверхности до материнской породы, мало затронутой почвообразованием. У различных почв мощность колеблется от 40—50 до 100—150 см.

4.2. Окраска почвы

Окраска почвы — ее наиболее заметный морфологический признак. Названия многих типов почв получили по своей окраске — черноземы, каштановые, подзолистые. Окраска почвы формируется из комбинации окрасок тех веществ, которые входят в ее состав, и физическим ее состоянием. Определяющее влияние на окраску почв оказывают следующие вещества: гумус, соединения железа, кремнезем, углекислый кальций, каолинит.

Гумусовые вещества придают почве черную, темно-серую, бурую окраски. Соединения оксидов железа придают почве красный, оранжевый и желтый оттенки; закисное железо (FeO) — окрашивает горизонты или отдельные участки в сизые и голубоватые тона. Вивианит $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ придает болотным почвам зеленовато-голубой оттенок.

Кремнезем (SiO_2), углекислый кальций (CaCO_3), гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, каолинит — $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, мирабилит — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ придают почве белую и белесоватую окраски. Сочетание перечисленных веществ в почвах обуславливает большое разнообразие цвета и оттенков различных почв.

4.3. Новообразования и включения

Новообразованиями называют скопления веществ различной формы и химического состава, образующиеся и накапливающиеся в почве в течение почвообразовательного процесса. Различают новообразования химического и биологического происхождения.

Химическими новообразованиями в почве называют соединения, образующиеся в процессе химических реакций. Эти со-

единения могут осаждаться на месте образования или перемещаться с почвенным раствором в различных направлениях и накапливаться на значительном расстоянии от места образования.

Химические новообразования представляют легкорастворимые соли, гипс, углекислый кальций, оксиды железа, алюминия и марганца, закиси железа, кремнезем и другие вещества. По форме химические новообразования разделяют на выцветы и налеты, корочки, примазки и потеки, прожилки и трубочки, конкреции. Прожилки, журавчики и дутики, белоглазка — это разнообразные новообразования карбонатов. Журавчики — скопления карбонатов, чаще овальной формы, размером в поперечнике от 0,5 до 1,5 см в иллювиальных горизонтах на карбонатных породах. Журавчики с пустотами внутри называют дутиками.

Новообразования биологического происхождения представлены капролитами (экскрементами дождевых червей), корневищами (сгнившие крупные корни растений), червоточины (извилистые ходы червей) и др.

Под включениями следует понимать предметы, не имеющие отношения к почвообразовательному процессу, случайно попавшие в почву: обломки кирпича, стекла, клочки резины, полиэтиленовой пленки, шлак и др.

Глава 5

СОСТАВ ПОЧВ

5.1. Гранулометрический состав почв

Почва — природное образование, состоящее из генетически связанных горизонтов, формирующихся в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под воздействием воды, воздуха и живых организмов. В почвоведении сложилось такое определение: «Почва — сложное, многофазное, многокомпонентное, полидисперсное природное тело, состоящее из твердой, жидкой, газообразной и живой фаз». Все фазы почвы находятся во взаимодействии между собой и с другими системами биосферы.

Твердую фазу почвы представляет комплекс первичных и вторичных минералов и органические вещества.

Первичные минералы находятся в виде частиц больше 0,001 мм, вторичные — менее 0,001 мм. Масса первичных минералов в большинстве почв превышает массу вторичных минералов.

По происхождению различают минеральные, органические и органо-минеральные частицы, представляющие обломки горных пород, первичные и вторичные минералы, гумусовые вещества, продукты взаимодействия органических и минеральных веществ. Эти частицы в почвоведении называют механическими элементами.

Механические элементы могут находиться в почве в свободном состоянии (например, в песке) и соединенные в структурные агрегаты различных форм, размеров и прочности. Разделение механических элементов по размерам называют механическим анализом. Процентное содержание фракций более 1 мм определяют просеиванием через почвенные сита, а менее 1 мм — по скорости

их осаждения в воде. От размеров частиц зависит суммарная их поверхность, меняются и свойства. Близкие по размеру и свойствам частицы объединяются во фракции (табл. 7). Группировка частиц по размерам во фракции называется классификацией механических элементов.

Таблица 7. Группировка частиц по размерам во фракции (по Н. А. Качинскому)

Фракция	Размер фракции, мм	Фракция	Размер фракции, мм
Камни	>3	Ил:	
Гравий	3—1	грубый	0,001—0,0005
Песок:		тонкий	0,0005—0,0001
крупный	1—0,5	Коллоиды	<0,0001
средний	0,5—0,25	Физическая глина	<0,01
мелкий	0,25—0,05	Физический песок	>0,01
Пыль:			
крупная	0,05—0,01		
средняя	0,01—0,005		
мелкая	0,005—0,001		

Камни (>3 мм) представляют собой обломки горных пород. Каменистые почвы увеличивают износ рабочих поверхностей орудий обработки почвы, неблагоприятны для сельскохозяйственного использования.

По типу каменистости почвы бывают валунные, галечниковые, щебенчатые. На сильнокаменистых почвах (>10 % камней) необходимо проводить удаление камней.

Гравий (3—1 мм) представляет собой обломки первичных минералов, придает почвам провальную водопроницаемость, низкую влагоемкость, неудовлетворительную для роста растений.

Песчаная фракция (1—0,05 мм) состоит преимущественно из обломков кварца и полевых шпатов, обладает небольшой капиллярностью и влагоемкостью. Мелкозернистые пески пригодны для выращивания сельскохозяйственных культур.

Пыль крупная (0,05—0,01 мм) по составу и свойствам сходна с песчаной фракцией. Пыль средняя (0,01—0,005 мм) содержит больше слюд (>20 %), пластична, обладает повышенной связностью, удерживает воду. К отрицательным свойствам средней пыли относятся малая водопроницаемость, неспособность к коагуляции. Почвы с повышенным содержанием крупной и средней пыли легко распыляются.

Пыль мелкая (0,005—0,001 мм) состоит из частиц первичных и вторичных минералов, содержит >60 % слюд, способна к коагуляции и формированию структурных агрегатов, обладает хорошей поглотительной способностью, содержит большое количество гумусовых веществ. Частицы пыли мелкой в свободном, несклеенном в структурные агрегаты состоянии создают низкую водопроницаемость, сильно набухают при увлажнении, имеют повышенную липкость, плотное сложение при высыхании.

Ил (<0,001 мм) состоит в основном из частиц вторичных минералов. Илистая фракция имеет высокую поглотительную способность, содержит много гумуса и элементов питания растений. Ил и коллоиды имеют большое значение в структурообразовании, обладают способностью коагулировать и склеивать механические элементы в агрегаты. Структурные почвы даже при высоком содержании ила обладают благоприятными физическими свойствами.

Илистая фракция в дисперсном, несклеенном в структурные агрегаты состоянии придает почвам неблагоприятные физические свойства.

5.2. Классификация почв по гранулометрическому составу

Свойства фракций механических элементов зависят от их размеров. Особенно резко свойства изменяются при уменьшении размера механических частиц на рубеже 0,01 мм. Это послужило поводом для деления всех фракций на две группы: физический песок (>0,01 мм) и физическую глину (<0,01 мм).

В зависимости от содержания тех или иных фракций механических элементов изменяются и свойства почвы. В основу классификации почв по гранулометрическому составу взято процентное соотношение массы физического песка и физической глины.

Относительное, выраженное в процентах соотношение содержания в почвах физического песка и физической глины называют механическим или гранулометрическим составом.

Все многообразие почв по гранулометрическому составу объединяют в группы с характерными для них физическими, физико-химическими и химическими свойствами. В настоящее время пользуются классификацией почв по гранулометрическому составу, разработанной Н. А. Качинским (табл. 8).

Таблица 8. Классификация почв по гранулометрическому составу

Название разновидности почв по гранулометрическому составу	Содержание физической глины ($<0,01$ мм), %			Содержание физического песка ($>0,01$ мм), %		
	Почвы					
	Подзолистого типа почвообразования	Степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно солонцеватые	Подзолистого типа почвообразования	Степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно солонцеватые
Песчаная:						
рыхло-песчаная	0—5	0—5	0—5	100—95	100—95	100—95
связно-песчаная	5—10	5—10	5—10	95—90	95—90	95—90
Супесчаная	10—20	10—20	10—15	90—80	90—80	90—85
Суглинистая:						
легкосуглинистая	20—30	20—30	15—20	80—70	80—70	85—80
среднесуглинистая	30—40	30—45	20—30	70—60	70—55	80—70
тяжелосуглинистая	40—50	45—60	30—40	60—50	55—40	70—60
Глинистая:						
легкоглинистая	50—65	60—75	40—50	50—35	40—25	60—50
среднеглинистая	65—80	75—85	50—65	30—20	25—15	50—35
тяжелоглинистая	>80	>85	>65	<20	<15	>35

Данная классификация учитывает генезис почв, способность их глинистой фракции к образованию структурных агрегатов, которая зависит от содержания гумуса в почвах, состава обменных

катионов в почвенном поглощающем комплексе и минералогического состава механических элементов. Чем выше способность глинистой фракции к формированию агрегатов, тем меньше проявляются отрицательные свойства в почве при равном содержании физической глины. Например, черноземы приобретают тяжелоглинистые свойства с содержанием физической глины $>85\%$, тогда как солонцы даже при $>65\%$. В почвенном поглощающем комплексе солонцового горизонта преобладают катионы натрия, которые из-за сильной гидратированности обуславливают диспергирование илистой фракции и придают солонцам неблагоприятные физические свойства.

5.3. Значение гранулометрического состава

Влияние гранулометрического или механического состава начинается с почвообразующей породы. От состава почвообразующей породы зависят процессы превращения, перемещения и аккумуляции органических и минеральных соединений в почве. Даже в одних и тех же природных условиях формируются почвы с неодинаковыми свойствами на породах разного гранулометрического состава.

Гранулометрический состав оказывает большое влияние на водно-физические, физико-механические, воздушные и тепловые свойства, окислительно-восстановительные условия, поглонительную способность почвы, накопление в ней гумуса, зольных элементов и азота.

В зависимости от гранулометрического состава почв в земледелии применяются различные способы и сроки их обработки, нормы внесения удобрений, гербицидов, дифференцируется размещение сельскохозяйственных культур.

Почвы песчаные и супесчаные обладают хорошей водопроницаемостью, благоприятным воздушным режимом, быстрее прогреваются, но они имеют низкую влагоемкость, бедны гумусом и элементами питания растений, имеют малую поглонительную способность, более подвержены ветровой эрозии.

Тяжелоглинистые почвы имеют большую влагоемкость, богаты гумусом и элементами питания для растений, но они имеют слабую водопроницаемость, образуют корку при высыхании,

отличаются большой плотностью, липкостью, неблагоприятными воздушным и тепловым режимами.

Влияние гранулометрического состава на рост растений зависит от конкретных условий: типа почвы, климата, требований сельскохозяйственных культур к почвенным условиям. В степной зоне на черноземах с благоприятной структурой более ценны глинистые почвы, накапливающие большой запас влаги. В условиях избыточного увлажнения предпочтительны суглинистые и супесчаные почвы.

Сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на гранулометрический состав почв. Так, например, картофель, корнеплоды, томат нуждаются в рыхлых, супесчаных и суглинистых почвах

5.4. Органические вещества

Продуцентами органических веществ в почве являются автотрофные организмы, способные к синтезу органического вещества из воды, диоксида углерода и минеральных элементов. Это бактерии, водоросли, лишайники и высшие растения.

В почву поступают не только органическое вещество отмерших растений, но и останки животных (вторичное органическое вещество). Основную часть органического вещества в почве производят высшие зеленые растения.

Первичная продуктивность различных наземных экосистем колеблется от 1—2 т/га в год сухого вещества в тундре, пустыне до 30—35 т во влажных тропических лесах. В агроэкосистемах в почву поступает растительных остатков от 2—3 т/га при возделывании однолетних культур до 7—9 т/га в год от многолетних трав.

Характер распределения по профилю поступающих в почву органических остатков неодинаковый в различных экосистемах. В лесах преобладающая часть органического вещества поступает с опадом на поверхность почвы. В травянистых ценозах, как правило, больше половины органического вещества поступает в почвенный профиль с корнями.

Химический состав органических веществ, поступающих в почву, зависит от состава биоценозов и видов отмерших организмов (табл. 9).

Таблица 9. Химический состав высших и низших организмов, % от сухого вещества (по А. Е. Возбуждой)

Организмы	Зола	Белковые вещества	Углеводы		Лигнин	Липиды, дубильные вещества
			Целлюлоза	Гемицеллюлоза и прочие углеводы		
Бактерии	2—10	40—70	—	Есть	—	1—40
Водоросли	20—30	10—15	5—10	50—60	—	1—3
Лишайники (кустистые и пластинчатые)	2—6	3—5	5—10	60—80	8—10	1—3
Мхи	3—10	5—10	15—25	30—60	—	5—10
Папоротникообразные	6—7	4—5	20—30	20—30	20—30	2—10
Хвойные:						
древесина	0,1—1,0	0,5—1,0	45—50	15—25	25—30	2—12
хвоя	2—5	3—8	15—20	15—20	20—30	15—20
Лиственные:						
древесина	0,1—1,0	0,5—1,0	40—50	20—30	20—25	5—15
листья	3—8	4—10	15—25	10—20	20—30	5—15
Многолетние травы:						
злаки	5—10	5—12	25—40	25—35	15—20	2—10
бобовые	5—10	10—20	25—30	15—25	15—20	2—10

В высших растениях, особенно в древесной растительности, синтезируется большое количество веществ, не поддающихся разрушительному действию микроорганизмов. К таким соединениям относятся лигнин ($C_{57}H_{60}O_{10}$), смолы, дубильные вещества. Лигнин накапливается в оболочках клеток между пучками целлюлозы и вызывает одревеснение. Лигнин с более высоким содержанием углерода, чем в других углеводах, очень стойкое соединение, не поддается разложению бактериями. Особенно много его образуется в древесине хвойных деревьев, до 30 % и более.

В растениях накапливается значительное количество продуктов распада (катаболитов), к которым относятся эфирные масла,

алкалоиды, гликозиды, смолы, органические кислоты и их соли, дубильные вещества, хиноны, каучук и др. Большинство из них обладают бактерицидными, антисептическими свойствами, а многие из них являются ядовитыми. Например, алкалоиды цитрутин, гиосциамин ($C_{17}H_{26}O_4N$), аконитин, никотин и др. Гликозиды — амигдалин, кумарин ($C_9H_6O_2$), который при плесневении превращается в дикумарин ($C_{19}H_{12}O_8$), — ядовитое соединение.

5.5. Процессы превращения органических веществ в почве

Поступившие в почву органические вещества отмерших растений и почвенной фауны подвергаются сложным биохимическим и физико-химическим превращениям. Большая часть органических остатков разлагается микрофлорой почвы до исходных веществ фотосинтеза: диоксида углерода, воды, аммиака, минеральных элементов. Этот процесс называют минерализацией. Процессу минерализации прежде всего подвергаются легкорастворимые, поддающиеся микробиологическому разрушению соединения: сахара, крахмал, белки, органические кислоты, пектиновые вещества, гемицеллюлоза и др. Оставшаяся часть труднорастворимых и не поддающихся разложению микрофлорой соединений подвергается длительным сложным превращениям в почве. Этот сложный процесс назвали гумификацией. Это понятие определяется как совокупность биохимических и физико-химических процессов, итогом которых является превращение органических веществ индивидуальной природы (лигнин, белки, смолы и др.) в специфические, более сложные гумусовые вещества.

Гумусовые вещества не являются химически индивидуальными соединениями, они представляют собой смесь различных по составу и свойствам высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, объединенных общностью происхождения, некоторых свойств и строения.

Периферические фрагменты молекул гумусовых веществ обогащены различными функциональными группами, к наиболее важным из которых относятся карбоксильные ($R-COOH$); аминогруппы ($R-NH_2$); спиртовые и фенольные гидроксилы ($R-OH$); карбонильные [$R-C(O)H$], ($R-CO-R$) и др. Наличие этих групп определяет многие химические свойства и взаимо-

действия гумусовых веществ между собой, с минеральными веществами почвы, удобрениями, пестицидами, другими химикатами и загрязнителями почвы.

Наличие карбоксильных групп объясняет кислотную природу гумусовых веществ.

Окраска гумусовых веществ варьирует от темно-бурой, почти черной, до красновато-бурой и оранжевой. Содержание углерода колеблется от 36 до 62 %, азота — от 2,5 до 5 %. Молекулярные массы колеблются от 700—800 до сотен тысяч.

Гумусовые вещества по растворимости делят на группы: фульвокислоты (ФК), гуминовые кислоты (ГК) и гумин.

Фульвокислоты — более растворимая группа гумусовых соединений, обладающих более выраженными кислотными свойствами. Содержат в своем составе 45—47 % углерода и примерно столько же кислорода. Фульвокислоты имеют более светлую окраску по сравнению с другими группами, преобладают в почвах подзолистого типа, сероземах.

Гуминовые кислоты имеют высокие молекулярные массы, повышенное содержание углерода (до 62 %), больший, чем у ФК, рН. Преобладают в черноземах, каштановых почвах.

Гумин — неэкстрагируемая часть гумуса. Предполагается, что это соединения гумусовых веществ с глинистыми минералами, это растительные остатки, обогащенные устойчивыми компонентами (лигнином). По мнению микробиолога С. Ваксмана, масса гумуса представлена лигнинопротеиновым комплексом. Слово «гумус» произошло от латинского «humus» — почва, перегной.

5.6. Влияние факторов почвообразования на гумификацию и гумусное состояние почв

Процесс гумификации и накопление гумуса в почвах зависят от факторов почвообразования. Благоприятными условиями для образования гумуса и закрепления его в горизонтах почвы являются следующие: поступление в почву большого количества органических веществ, насыщенных основаниями и азотом; слабокислая или слабощелочная реакция; оптимальные водный, температурный и воздушный режимы; достаточное содержание карбонатов; умеренные окислительная среда и биологическая активность почвы.

Благоприятные условия для гумусообразования складываются в лесостепной и степной зонах под травянистой растительностью. Поэтому преобладающие в этих зонах черноземы содержат большой процент гумуса и имеют хорошо выраженный гумусовый профиль.

Неблагоприятными условиями для гумусообразования и аккумуляции гумуса в почвенных горизонтах являются следующие: малое количество поступающих органических веществ с высоким содержанием в них трудноминерализуемых веществ (лигнина, смол, воска, дубильных веществ, целлюлозы); кислая или сильнощелочная среда; низкая степень насыщенности основаниями; низкие температуры; избыточная влажность; плохая аэрация и подавленная биологическая активность почвы.

Такие неблагоприятные условия создаются в таежной зоне под лесной растительностью. Органические вещества лесного опада бедны азотом и основаниями, содержат высокий процент трудно минерализуемых безазотистых веществ, которые разлагаются в основном грибами в условиях кислой среды, слабой биологической активности и недостаточной аэрации.

В таких условиях образуются преимущественно фульвокислоты и водорастворимые органические вещества, которые при промывном водном режиме вымываются в нижние горизонты почвенного профиля или в грунтовые воды.

В неблагоприятных условиях для минерализации органических веществ микроорганизмами в почвах накапливаются полуразложившиеся органические вещества. Например, при избыточном увлажнении в анаэробных условиях ослабляется интенсивность окислительных процессов, резко затормаживается разложение органических веществ, они до конца не минерализуются. Разложение в анаэробных условиях приводит к накоплению низкомолекулярных органических кислот (масляной, молочной, уксусной), которые подавляют деятельность гнилостных микроорганизмов. При таком разложении органических веществ в условиях анаэробного разложения накапливаются полуразложившиеся органические остатки в виде торфа, мощность которого может достигать нескольких метров.

В сухой степи и полупустыне уменьшается продуктивность природной растительности, в почву поступает меньше органических остатков, ухудшается водный режим. Поэтому в почвах сухих степей и полупустынь уменьшается содержание гумуса и мощность гумусовых горизонтов.

В каждом типе почв содержание гумуса зависит от химического, гранулометрического и минералогического составов. Например, чем больше в почве физической глины, особенно илистой фракции, тем выше процент гумуса.

Сложившиеся географические сочетания факторов почвообразования определяют гумусное состояние природных почв.

Под гумусным состоянием почв понимают совокупность показателей, характеризующих запасы гумуса, его распределение по профилю почвы и качественный состав. Для оценки количества гумуса определяют его содержание в верхнем горизонте (в %), изменение по профилю почв и запасы в т/га. Качественный состав характеризуется следующими показателями: отношением содержания гуминовых кислот к фульвокислотам ($C_{гк}/C_{фк}$), содержанием отдельных групп гумуса, содержанием азота (в %).

По отношению $C_{гк}/C_{фк}$ различают следующие типы гумуса: гуматный ($>1,5$), фульватно-гуматный ($1-1,5$), гуматно-фульватный ($1-0,5$) и фульватный ($<0,5$).

5.7. Значение органического вещества почвы

Органическое вещество имеет большое значение в формировании свойств почв в ходе различных процессов трансформации, в перемещении и аккумуляции веществ, питании растений. Наличие в периферических фрагментах гумусовых веществ многочисленных функциональных групп обуславливает разнообразные взаимодействия их со всеми компонентами почв. Гумусовые вещества активно взаимодействуют с минеральными соединениями почвы, что способствует аккумуляции гумуса, макро- и микроэлементов минерального питания растений, приводит к образованию структурных агрегатов, органо-минеральных соединений.

Во-первых, это сорбция гумусовых веществ минеральными соединениями твердой фазы почвы. В процессе сорбции возможен ионный обмен, хемосорбция, образование различных комплексных соединений и поглощение органических веществ глинистыми минералами в межплоскостных пространствах кристаллической решетки.

Сорбционные процессы играют большую роль в образовании органо-минеральных соединений, формировании гумусово-ак-

кумулятивных горизонтов, стабилизации гумусового профиля, образовании водопрочных структурных агрегатов.

При взаимодействии гумусовых кислот с поливалентными металлами (Al^{3+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} и др.) происходит соединение металла с анионной частью молекул гумусовых кислот и неспособность его к реакциям ионного обмена. Такой тип взаимодействия имеет большое значение в закреплении загрязняющих почву элементов, снижении их поступления в растения.

При взаимодействии гумусовых кислот с ионами щелочных и щелочноземельных металлов, а также с ионами аммония образуются гуматы и фульваты щелочных металлов и аммония. Ионы этих металлов и аммония легко диссоциируют и обмениваются с другими катионами почвенного раствора. Гуматы кальция и магния плохо растворимы в воде и способствуют аккумуляции гумуса в почвах, насыщенных основаниями.

Органическое вещество почвы является источником питания для микроорганизмов и растений, в нем содержится почти весь почвенный азот и до 50 % фосфора. Образование водорастворимых органо-минеральных соединений, содержащих в своем составе необходимые для растений макро- и микроэлементы, имеет огромное значение в формировании режима питания растений в почвах.

Большое влияние органическое вещество оказывает на формирование физических и физико-механических свойств почв: плотность, пористость, липкость, связность, удельное сопротивление и др. Особенно велика роль гуминовых кислот в образовании водопрочных агрегатов.

Содержание и состав органического вещества определяют биологическую активность почвы, численность, состав и активность почвенных микроорганизмов, особенно при поступлении в почву свежих органических веществ, богатых азотом и зольными элементами.

Гумусовые вещества, прочно закрепленные минеральными соединениями (гумин, гуматы кальция, гуминово-глинистые комплексы), определяют физико-химические свойства почвы (емкость поглощения, буферность и др., санитарно-защитные функции и противоэрозионную устойчивость почвы).

Огромное и разностороннее значение органического вещества в формировании почвенного плодородия определяет необходимость постоянной заботы о регулировании содержания орга-

нического вещества и его воспроизводстве при сельскохозяйственном использовании почв.

Воспроизводство органического вещества, повышение содержания гумуса и улучшение его качественного состава должно быть направлено на улучшение свойств и режимов конкретных почв в соответствии с требованиями выращиваемых культур. При воспроизводстве гумуса необходимо добиваться бездефицитного баланса его в почве, который принято выражать следующим уравнением:

$$B = (B_k + \Theta_a^+ + \Theta_b^+) - (M_{ин} + \Theta_a^- + \Theta_b^- + M_b^-),$$

где приходную часть составляют:

B_k — новообразование и включение продуктов разложения органических остатков в гумусовые вещества почвы за счет растительных остатков и вносимых органических удобрений;

Θ_a^+ — возможный привнос органического вещества от имеющей место ветровой эрозии;

Θ_b^+ — привнос почвенного материала, содержащего гумус, от делювиально-аллювиальных процессов.

Расходную часть составляют:

$M_{ин}$ — снижение содержания гумуса от минерализации микроорганизмами;

Θ_a^- — вынос органического вещества в результате развития ветровой эрозии;

Θ_b^- — вынос органического вещества при водной эрозии;

M_b^- — вымывание растворимых форм органо-минеральных соединений за пределы почвенного профиля, в грунтовые воды и включение их в геологический круговорот.

Главные статьи расходной части гумуса — это минерализация и потери от эрозии. Различные сельскохозяйственные культуры по-разному влияют на содержание гумуса в почве. Культуры, которые поглощают большое количество элементов питания, особенно азота, и требующие интенсивных обработок почвы, значительно снижают содержание стабильных форм гумуса. К таким культурам относятся овощные, кукуруза, картофель, подсолнечник, корнеплоды. Особенно резко это проявляется в почвах с низким содержанием легкодоступных для растений элементов питания. Поэтому при организации адаптивно-ландшафтного земледелия нужно дифференцированно применять систему обра-

ботки почвы и удобрения для снижения потерь стабильных форм гумуса.

Большое значение имеет создание благоприятных условий для гумификации и закрепления в почве вновь образующихся гумусовых веществ. Например, известкование кислых почв, гипсование засоленных почв.

Главная статья приходной части баланса — новообразования гумусовых веществ при гумификации растительных остатков в почве и вносимых органических удобрений. Меньше органических веществ остается в почве после льна, овощных и пропашных культур. Больше остается органического вещества, богатого азотом и зольными элементами, после многолетних трав, особенно бобовых и зерновых бобовых культур.

Большое значение имеют вносимые в почву органические удобрения: навоз, торф, зеленые растения (сидеральные культуры) и др. Дозы и периодичность их внесения зависят от конкретных условий и типов почв.

При генетическом подходе количественной оценки содержания гумуса в почвах выделяют следующие уровни в горизонте А или $A_{\text{пах}}$: очень высокий — $>10\%$; высокий — $10-6\%$; средний — $6-4\%$; низкий — $4-2\%$; очень низкий — $<2\%$. Эти уровни основаны на сравнительной оценке содержания гумуса в верхнем горизонте почвы в результате природного почвообразовательного процесса.

5.8. Химический состав почв. Элементы питания растений

Минеральная часть почвы в значительной степени обусловлена химическим составом почвообразующих горных пород и в большинстве почв составляет $80-90\%$ от их массы. Органические вещества накапливаются в почве в результате жизнедеятельности растительных и животных организмов. При взаимодействии минеральных и органических веществ в почвах формируется сложный комплекс органо-минеральных соединений.

Элементы питания растений находятся в составе минералов, органических и органо-минеральных соединений твердой фазы, в почвенных растворах и газообразной фазе. В составе почв найдены почти все известные химические элементы, которые поглощаются и растениями. Но для питания растений установлена не-

обходимость усвоения следующих элементов: C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Na, Zn, Mo, B, Cl, Si, Co, J. Кроме трех (C, H, O), их относят к минеральным элементам. В составе растений углерод составляет в среднем 45 %, кислород — 42, водород — 6,5, азот — 1,5 % от массы сухого вещества. В сумме они составляют в среднем до 95 % массы сухих растений, на долю остальных приходится 5 %, их называют зольными элементами, потому что при сжигании растений они остаются в золе.

Хотя химический состав почв и определяется составом горных пород литосферы, имеются большие различия в содержании химических элементов (табл. 10). В почве больше углерода в 20 раз, азота в 10 раз по сравнению с литосферой. Эти элементы усваиваются живыми организмами из атмосферы и накапливаются в почве. Химический состав природных почв зависит от изменений продуктов выветривания при отложении и процессов почвообразования в конкретных условиях.

Таблица 10. Содержание (% массы) химических элементов в литосфере и почвах (по А. П. Виноградову)

Элемент	В литосфере	В почве	Элемент	В литосфере	В почве
O	47,2	49,0	Mg	2,10	0,63
Si	27,6	33,0	C	0,10	2,00
Al	8,8	7,13	S	0,09	0,085
Fe	5,1	3,80	P	0,08	0,08
Ca	3,6	1,37	Cl	0,045	0,01
Na	2,64	0,63	Mn	0,09	0,085
K	2,60	1,36	N	0,01	0,1

По содержанию щелочных и щелочноземельных оснований почвообразующие породы делят на засоленные, карбонатные и выщелоченные. В выщелоченных породах содержание окисей кальция, калия, магния, натрия в пределах 1—3 % каждого. Карбонатные породы содержат до 15—20 % карбоната кальция (CaCO_3). В засоленных породах много сульфатов и хлоридов кальция, магния и натрия.

В зависимости от сочетания факторов почвообразования тип почвы приобретает характерную дифференциацию на горизонты

с определенным химическим составом. Например, в дерново-подзолистых почвах верхние горизонты обогащены кремнеземом, который трудно поддается разрушению и вымыванию, а окиси алюминия и железа в кислой среде более лабильны и вымываются в нижние горизонты почвенного профиля. Для всех почв характерно накопление органических веществ в верхних горизонтах и накопление в них важных элементов питания микроорганизмов и растений.

Запасы химических элементов питания растений в почвах значительны, они исчисляются для некоторых типов почв десятками и сотнями тонн на 1 га. Но большинство из них находятся в труднодоступной форме. Например, оксиды и гидроксиды железа, гидроксилapatит кальция, трехзамещенный фосфат кальция — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Основная часть калия в почве входит в состав кристаллической решетки первичных и вторичных минералов в малодоступной для растений форме. Химические элементы, входящие в состав органических веществ почвы, становятся доступными для растений после минерализации. Азот и зольные элементы поглощаются растениями из почвенного раствора и твердой фазы почвы в основном в ионной форме (Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , NO_3^- , NPO_4^{2-} , H_2PO_4^- и др.). Элементы питания из почвенного раствора растения усваивают избирательно в процессе физико-химической адсорбции на поверхности корневой системы в зоне всасывания и в результате контактного обмена ионами с твердой фазой почвы.

Необходимое для жизни растений железо находится в почвах в составе первичных и вторичных минералов, в виде окисей и гидроокисей, простых солей, в поглощенном состоянии, в составе органо-минеральных комплексов, и запасы его составляют сотни тонн на 1 га. Однако большая часть этого элемента находится в малодоступных для растений формах: оксиды железа Fe_2O_3 , природные смеси гидроокисей трехвалентного железа $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и др. На почвах с нейтральной реакцией и щелочных с преобладанием окислительных процессов растения могут испытывать недостаток железа, и в них нарушается образование хлорофилла, листья желтеют и становятся белыми.

В сильноокислой среде ($\text{pH} < 3$) подвижность гидроокисей железа увеличивается, ионы железа Fe^{3+} появляются в почвенном растворе. В условиях анаэробнозиса окисное железо превращается в закисное с образованием растворимых соединений — FeCO_3 ,

FeSO_4 . Повышенная растворимость соединений железа становится токсичной для растений. Гидроокиси железа образуют с органическими кислотами в почвах подвижные комплексные соединения, которые могут вымываться в нижние горизонты почвенного профиля и в грунтовые воды.

Азот в почвах содержится в основном в органическом веществе. Чем больше в почве органических веществ, особенно гумуса, тем больше азота. В составе гумуса содержание азота от 2,5 до 5 %. Накопление азота в почве происходит в основном при биологическом усвоении его из атмосферы, в которой он составляет 78,08 %. В почвообразующих породах азот содержится в незначительных количествах.

Азот становится доступным для растений после минерализации органических веществ микроорганизмами. Интенсивность минерализации зависит от количества и состава органических веществ, водного режима, аэрации, температуры и реакции среды в почве.

Азот доступен растениям главным образом в минеральной форме: окисленной (NO_3^-) и восстановленной (NH_4^+). Нитратный и аммонийный азот легко поглощается растениями.

Аммонийный азот накапливается в почве в результате жизнедеятельности аммонифицирующих микроорганизмов, которые разлагают органические остатки и гумус. Ион NH_4^+ фиксируется почвенно-поглощающим комплексом, частично находится в почвенном растворе.

Нитратный азот образуется в почве в результате окисления аммонийного азота двумя группами автотрофных бактерий. Бактерии группы *Nitrosomonas* окисляют аммонийный азот до азотистой кислоты, группа *Nitrobakter* — азотистую кислоту до азотной. Ион NO_3^- находится в основном в почвенном растворе, он мало адсорбируется твердой фазой почвы. В условиях промывного водного режима нитратный азот вымывается из почвенного профиля в грунтовые воды.

Уровень возможной обеспеченности растений почвенным азотом в конкретных условиях определяют различными способами. Иногда такую оценку дают по легкогидролизуемому азоту, который может образоваться при минерализации легкоразлагаемой части органических веществ в почве (аминокислот, амидов) в начале вегетационного периода. Эта часть азота определяется в вытяжках из почвы слабыми кислотами ($0,5\% \text{H}_2\text{SO}_4$) по методу И. В. Тюрина и М. М. Кононовой. Для расчета доз азотных

удобрений и получения планируемого урожая сельскохозяйственных культур Г. П. Гамзиков (1981) предложил метод определения нитратного и аммонийного азота в пахотном горизонте почвы перед посевом (табл. 11).

Таблица 11. Шкала обеспеченности растений легкоусвояемыми формами азота для почв Западной Сибири (по Г. П. Гамзикову, 1981)

Обеспеченность растений азотом	Содержание азота в почвах (мг/кг) в слое 0—20 см перед посевом			Потребность растений в азотных удобрениях	Ориентировочные дозы внесения N, кг/га
	N — NO ₃	N — NH ₃ ; N — NH ₄	Кислотно-гидролизуемый		
Очень низкая	<10	<10	<30	Очень сильная	60—90
Низкая	10—15	10—20	30—60	Сильная	45—60
Средняя	15—20	20—40	60—90	Средняя	30—45
Высокая	>20	>40	>90	Отсутствует	0

Эта шкала обеспеченности растений нитратным азотом (N—NO₃) рекомендована для дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почв; аммонийного азота — для серых лесных почв и черноземов; кислотно-гидролизуемого азота — для дерново-подзолистых почв.

Фосфор в почвах содержится в значительно меньшем количестве по сравнению с азотом и калием. Содержание валового фосфора (P₂O₅) в почвах невелико — 0,05—0,30 % (от 1 до 5 т/га в пахотном горизонте 0—20 см). Пополнение запасов фосфора в почве биологическим путем не происходит.

Органические соединения фосфора в почвах представлены фитином, нуклеиновыми кислотами, сахаро-фосфатами и др., минеральные — солями кальция, железа, алюминия, магния ортофосфорной кислоты. Фосфор входит в состав осадочных горных пород фосфоритов с содержанием P₂O₅ — 5—34 %, минералов: апатита — 3Ca₃(PO₄)₂ · Ca(F, Cl, OH)₂ с примесью Mn, U, Sr и др. с содержанием P₂O₅ — 41—42 %; вивианита — Fe₃(PO₄)₂ · 8H₂O с примесью Ca, Mn, Mg.

Фосфор в почвах находится в труднодоступных для растений формах. В почвах с сильно кислой реакцией фосфор находится в основном в виде фосфатов железа и алюминия. В слабокислых, нейтральных и щелочных почвах преобладают фосфаты кальция. Часть фосфора адсорбируется твердой фазой почвы, частично

находится в почвенном растворе в виде фосфат ионов (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}), которые легко поглощаются растениями.

Содержание подвижного фосфора в кг/га в пахотном горизонте почв определяют по формуле

$$\text{P}_2\text{O}_5 = a d_v h_{\text{пах}},$$

где a — количество подвижного фосфора P_2O_5 в мг/100г, определенного по методу Кирсанова или Ф. В. Чирикова; d_v — площадь пахотного горизонта, г/см³; $h_{\text{пах}}$ — мощность пахотного горизонта, см.

Для определения подвижных фосфатов в почве (непосредственно усвояемого фосфора растениями) применяют различные методы извлечения в зависимости от типа почв и их свойств.

Для характеристики обеспеченности растений фосфором расчета норм фосфорных удобрений проведена группировка почв по количеству подвижного фосфора (табл. 12).

Таблица 12. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора (для зерновых культур)

Группа почв	Содержание подвижных форм фосфора	Количество P_2O_5 , мг/100 г почвы		
		Для подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных почв (вытяжка в 0,2н. HCl по методу Кирсанова)	Для некарбонатных черноземных почв (вытяжка в 0,5н. CH_3COOH по методу Ф. В. Чирикова)	Для карбонатных черноземов, каштановых, бурых почв и сероземов (вытяжка в 1 % растворе $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ по методу Б. П. Мачигина)
1	Очень низкое	<2,5	<2	<1
2	Низкое	2,5—5,0	2—5	1,0—1,5
3	Среднее	5—10	5—10	1,5—3,0
4	Повышенное	10—15	10—15	3,0—4,5
5	Высокое	15—25	15—20	4,5—6,0
6	Очень высокое	>25	>20	>6

Для культур повышенного потребления и выноса фосфора из почвы эта группировка несколько иная: для корнеплодов и картофеля третья группа будет считаться как с низким содержанием, а для культур большого выноса фосфора (овощные, чай, виноград) четвертая группа относится к низкому содержанию.

Для улучшения питания растений фосфором целесообразно применение фосфорных удобрений на всех типах почв. Наибо-

лее благоприятная реакция почвенного раствора для поглощения растениями ионов фосфатов слабокислая ($pH = 6,0-6,5$).

Калия в почвах значительно больше, чем азота и фосфора, вместе взятых, — 1,5—2,5 % (до 50 т/га в пахотном горизонте). Основная часть калия в почвах входит в состав кристаллической решетки первичных и вторичных минералов в малодоступной для растений форме. Калий некоторых минералов может быть доступным для растений, например, из мусковита — $KAl_2 \cdot [AlSi_3O_{10}](OH)_2$, биотита — $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$.

Калий, содержащийся в поглощенном состоянии и в форме простых солей в почве, легкодоступен для растений. Основным источником для растений является обменный калий. При поглощении обменного калия растениями происходит его пополнение за счет необменного из твердой фазы почвы.

Хотя валового калия (K_2O) в почвах много и растения редко испытывают недостаток в питании легкодоступным калием, все же внесение легкорастворимых солей калия в почву значительно повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Для характеристики уровня питания растений калием и расчета доз калийных удобрений разработана группировка почв по содержанию обменного калия (табл. 13).

Таблица 13. Группировка почв по содержанию обменного калия (для зерновых культур)

Группа почв	Содержание обменного калия	Количество K_2O , мг/100 г почвы			
		По методу Кирсанова (в 0,2н. HCl)	По методу И. Я. Масловой (в 0,5н. CH_3COONH_4)	По методу Ф. В. Чирикова (в 0,5н. CH_3COOH)	По методу Б. П. Мачигина (в 1%-ном растворе $(NH_4)_2CO_3$)
1	Очень низкое	<4	<5	<2	<5
2	Низкое	4—8	5—10	2—4	5—10
3	Среднее	8—12	10—15	4—8	10—20
4	Повышенное	12—17	15—20	8—12	20—30
5	Высокое	17—25	20—30	12—18	30—40
6	Очень высокое	>25	>30	>18	>40

Указанные в табл. 13 методы извлечения обменного калия применимы для разных почв. Методы Кирсанова и И. Я. Масловой применимы для подзолистых, дерново-подзолистых, серых

лесных почв, метод Ф. В. Чирикова — для некарбонатных почв, а метод Б. П. Мачигина — для карбонатных черноземов, каштановых, бурых почв и сероземов.

Для культур повышенного выноса калия третья группа почв относится к низкому содержанию, для культур высокого выноса калия (картофель, корнеплоды, подсолнечник) с низким содержанием считается четвертая группа почв.

Некоторые минеральные элементы усваиваются растениями в очень малых количествах, составляющих тысячные доли процента. Их объединяют в группу микроэлементов: бор (В), марганец (Mn), молибден (Mo), медь (Cu), Цинк (Zn), кобальт (Co), йод (J), хлор (Cl), фтор (F) и др.

Хотя эти элементы поглощаются растениями в малых количествах, они играют важную роль в жизни растений, животных и человека, входят в состав ферментов, витаминов, гормонов, без которых не могут совершаться биохимические и физиологические процессы. Установлена зависимость урожайности растений и их качества от содержания микроэлементов в почвах. Недостаточное или избыточное содержание микроэлементов в кормах и продуктах питания вызывает нарушения обмена веществ в организмах животных и человека, развитие различных заболеваний.

Например, йод входит в состав гормона щитовидной железы — тироксина, который влияет на процессы усвоения питательных веществ, на функции нервной системы. Недостаток йода вызывает заболевание щитовидной железы — зоб у человека и животных. Недостаток меди в кормах приводит к нарушению координации движений у животных, избыток бора вызывает пневмонию у овец.

Специалисты по кормлению сельскохозяйственных животных считают необходимым следующее содержание микроэлементов в сухом веществе кормов: марганца — 50—60 мг/кг; меди — 8—10; цинка — 60—80; кобальта — 0,6—1,0; йода — 0,3—0,8 мг/кг.

Количество микроэлементов в почвах зависит от химического состава почвообразующей породы и влияния почвообразовательного процесса на их перераспределение по профилю почвы. При активном процессе накопления гумуса, например, в черноземах они накапливаются в верхних горизонтах профиля, при развитии элювиальных процессов в подзолистых почвах верхние горизонты обедняются микроэлементами.

Микроэлементы в почвах содержатся в кристаллической решетке минералов в виде примесей, в форме солей и окисей, в составе органических веществ, в ионообменном состоянии и растворимой форме в почвенном растворе. На формы их соединений в почвах большое влияние оказывают окислительно-восстановительные процессы, реакция среды, концентрация CO_2 и содержание органического вещества. Например, в кислой среде увеличивается подвижность меди, цинка, марганца, кобальта, а подвижность молибдена уменьшается.

Количество микроэлементов в почве увеличивается при систематическом внесении минеральных макро- и микроудобрений и органических веществ. Их повышенное содержание возможно около рудных месторождений, в зоне деятельности вулканов, в результате техногенного загрязнения территории.

Для оценки обеспеченности растений микроэлементами проведена группировка почв по содержанию в них подвижных форм микроэлементов (табл. 14).

Таблица 14. Группировка почв по обеспеченности растений микроэлементами (по Важенину)

Обеспеченность	Содержание подвижных микроэлементов, мг/кг почвы (в вытяжках по Пейве — Ринькису)					
	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo
I группа растений (невысокого выноса микроэлементов)						
Низкая	<0,1	<15	<0,5	<0,3	<0,3	<0,05
Средняя	0,1—0,3	15—30	0,5—1,5	0,3—1,5	0,3—1,0	0,05—0,15
Высокая	>0,3	>30	>1,5	>1,5	>1,0	>0,15
II группа растений (повышенного выноса микроэлементов)						
Низкая	<0,3	<45	<2,0	<1,5	<1,0	<0,2
Средняя	0,3—0,5	45—70	2,0—4,0	1,5—3,0	1,0—3,0	0,2—0,3
Высокая	>0,5	>70	>4,0	>3,0	3,0	>0,3
III группа растений (высокого выноса микроэлементов)						
Низкая	<0,3	<100	<5,0	3,0	<3,0	<0,3
Средняя	0,3—1,0	100—150	5,0—7,0	3,0—5,0	3,0—5,0	0,3—0,5
Высокая	>1,0	>150	>7,0	>5,0	>5,0	>0,5

Группировка почв составлена для трех групп растений. К первой группе культур относятся зерновые хлеба, кукуруза, картофель, зерновые бобовые. Ко второй — корнеплоды, овощи, многолетние травы, подсолнечник, плодовые. К третьей относятся культуры первой и второй групп, возделываемые с применением высоких доз минеральных удобрений и при орошении.

Самыми эффективными приемами регулирования режима питания растений в почвах являются внесение органических минеральных макро- и микроудобрений, регулирование реакции с помощью известкования кислых и гипсования щелочных почв, применение рациональных приемов обработки почвы. Нужно не только улучшать режим питания растений, но и регулировать факторы, ограничивающие рост и развитие растений. Необходимо формировать определенный комплекс свойств и режимов почв, обеспечивающий получение максимально возможного урожая в конкретных условиях. Такой комплекс называют моделью плодородия.

6.1. Поглощительная способность почв

Под поглощительной способностью почв следует понимать способность поглощать пары, газы, растворенные вещества, задерживать взмученные в почвенном растворе коллоидальные частицы минеральных и органических веществ, грубые суспензии и живые микроорганизмы.

Поглощительную способность почв обуславливают процессы адсорбции (поглощение вещества из газовой и жидкой сред поверхностным слоем твердого тела); абсорбции (поглощение веществ почвенным раствором); хемосорбции (поглощение веществ сорбентом в результате образования химической связи между молекулами сорбента и сорбируемого вещества); биологического поглощения веществ корнями растений и микроорганизмами и др.

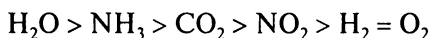
В почве находятся грубые дисперсии минеральных, органических и органо-минеральных частиц с диаметром более 0,02 нм, образующие в почвенной воде суспензии; более мелкие частицы с диаметром 0,02—0,0001 нм — почвенные коллоиды и частицы менее 0,0001 нм, которые образуют молекулярные растворы (1 нанометр = 10^{-9} м). Дисперсные системы почвы, обладающие большой поверхностной энергией, электрокинетическими свойствами, обуславливают поглощительную способность почв.

Совокупность различных компонентов почвы, участвующих в процессах поглощения, академик К. К. Гедройц назвал *почвенным поглощающим комплексом*, сокращенно ППК. Он выделил 5 видов поглощительной способности почв: механическую, физическую, физико-химическую или обменную, химическую и биологическую.

Механическая поглотительная способность — это свойство почвы, как любого пористого тела, задерживать в своей толще твердые частицы, взмученные в фильтрующейся воде, размеры которых превышают размеры почвенных пор. Это свойство зависит от размеров и форм почвенных пор, обусловленных гранулометрическим и агрегатным составами, плотностью почвы. Песчаные почвы обладают слабой механической поглотительной способностью, а глинистые поглощают почти все частицы размером более 0,001 мм.

Физическая поглотительная способность — это свойство частиц твердой фазы почв поглощать молекулы газов и растворенных в воде веществ. Это свойство называют молекулярной адсорбцией. Она обусловлена большой поверхностной энергией. Вещества, молекулы которых поглощаются физически на поверхности соприкосновения двух фаз (твердой и жидкой, твердой и газообразной), накапливаются на поверхности твердых частиц почвы и понижают свободную энергию (поверхностное натяжение), называют поверхностно-активными. Эти вещества испытывают положительную физическую адсорбцию. К ним относятся органические кислоты, спирты, водорастворимые высокомолекулярные органические соединения, молекулы которых состоят из гидрофильной и гидрофобной частей.

Физически поглощаются почвой пары и газы из газообразной фазы. По энергии поглощения пары воды и газы располагаются в следующий ряд:



Легко поглощаются твердой фазой почвы пары воды с выделением теплоты смачивания. Сухими участками твердой фазы почвы поглощаются газы. Наиболее высокой энергией поглощения обладает аммиак, что имеет большое значение в закреплении в почве аммиачных форм азотных удобрений.

Вещества, повышающие поверхностную энергию, отталкиваются от почвенных частиц, испытывают отрицательную физическую адсорбцию. К ним относятся неорганические кислоты, соли, основания. Например, нитраты, хлориды почти не поглощаются почвой и могут при промывном водном режиме вымываться из почвенного профиля. Это необходимо учитывать при расчете норм и сроков внесения нитратных форм азотных удобрений в конкретных условиях.

Почва хорошо поглощает дымные и газообразные отравляющие вещества, что имеет природоохранное значение.

Физико-химическая, или обменная, поглощательная способность, по определению К. К. Гедройца, — свойство почвы обменивать некоторую часть катионов, содержащихся в твердой фазе, на эквивалентное количество катионов почвенного раствора. Этот обмен происходит по схеме:

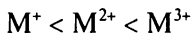


Обменное поглощение катионов имеет следующие закономерности.

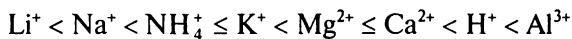
1. Обмен происходит в эквивалентных количествах по законам обменных химических реакций.

2. Поглощенный катион может быть вытеснен и замещен другим катионом почвенного раствора, имеющим бóльшую энергию поглощения.

3. Энергия поглощения и вытеснения катионов зависит от их валентности, массы атома и радиуса иона. С увеличением валентности, т. е. силы атома катиона образовывать химические связи с другими атомами, возрастает энергия поглощения:



Среди катионов с одинаковой валентностью энергия поглощения возрастает с увеличением массы атома. Энергия поглощения зависит от гидратированности катиона. Определен следующий ряд катионов по возрастанию энергии поглощения:



Исключение составляет ион водорода, у которого энергия поглощения выше, чем у двухвалентных катионов. В водном растворе ион водорода образует гидроксоний (H_3O^+), который обладает высокой энергией поглощения.

Большое значение в поглощении катионов имеет их концентрация в почвенном растворе. Катионы с меньшей энергией поглощения могут поглощаться только при более высокой их концентрации в почвенном растворе по сравнению с другими катионами, обладающими большей энергией поглощения.

4. Обменное поглощение имеет обратимость, поглощенные катионы могут обратно вытесняться в почвенный раствор замещающими катионами при повышении их концентрации в почвенном растворе.

5. Скорость обмена катионов в почвенном растворе на внешних поверхностях почвенного поглощающего комплекса мгновенная. Но обмен катионами может продолжаться и более длительное время, если поглощение происходит внутри кристаллических решеток минералов, что зависит от периодического увлажнения, высушивания и температуры почвы. Кроме того при поглощении почвой какого-либо катиона, например натрия может увеличиваться диспергирование структурных агрегатов, что увеличит емкость поглощения катионов.

Максимальное количество катионов, удерживаемое почвой в обменном состоянии, К. К. Гедройц назвал емкостью катионного обмена (ЕКО), которую выражают в мг · экв на 100 г почвы.

Количество всех обменных катионов, за исключением ионов водорода и алюминия, называют суммой обменных оснований (S), которую тоже выражают в мг · экв на 100 г почвы.

Отношение суммы обменных оснований к емкости катионного обмена, выраженное в процентах, называют степенью насыщенности почв основаниями (V):

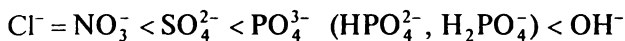
$$V = \frac{S}{\text{ЕКО}} \cdot 100.$$

В различных почвах количество и состав обменных катионов, степень насыщенности основаниями различные, они отражают особенности почвообразования. В черноземах типичных высокогумусных в составе обменных катионов преобладают основания Ca^{2+} , Mg^{2+} , степень насыщенности основаниями до 100 %.

В дерново-подзолистых почвах с малым содержанием гумуса емкость поглощения низкая, в составе обменных катионов кроме оснований находятся ионы водорода (H^+) и алюминия (Al^{3+}). Такие почвы имеют низкую степень насыщенности основаниями (10—50 %).

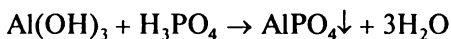
В иллювиальных горизонтах солонцов преобладают поглощенные натрий и магний, солонцы полностью насыщены основаниями, имеют щелочную реакцию. Состав поглощенных катионов определяет многие свойства почв.

В почвах с кислой реакцией среды, богатых полутораоксидами алюминия, железа и органическими амфолитоидами, при наличии положительно заряженных коллоидов возможно обменное поглощение и анионов: NO_3^- , SO_4^{2-} и др. Обменное поглощение анионов подчиняется такой же закономерности, что и поглощение катионов. По энергии поглощения в порядке возрастания анионы располагаются в следующий ряд:



Анионы гидроксила и фосфат-ионы имеют более высокую энергию поглощения.

Химическая поглощательная способность или хемосорбция, по определению К. К. Гедройца, состоит в образовании труднорастворимых соединений при взаимодействии замещенных ионов с компонентами почвенного раствора. Образующиеся труднорастворимые соединения закрепляются в почве в виде осадков:



Анионы ортофосфорной кислоты активно поглощаются почвой, анионы NO_3^- , Cl^- очень мало поглощаются почвой химически, так как не образуют с катионами труднорастворимые соединения.

Биологическая поглощательная способность — поглощение различных веществ из почвы в ионной форме корнями растений и микроорганизмами. Ежегодно растения поглощают из почвы десятки и сотни килограммов различных элементов с 1 га. В природных условиях эти элементы возвращаются в почву с растительным опадом. В земледелии большая часть поглощенных элементов отчуждается из почвы с урожаем.

Благодаря избирательному поглощению элементов растениями осуществляются перемещение и аккумуляция веществ в верхних горизонтах почвенного профиля. Емкость катионного поглощения корневой системы растений колеблется от 10 до 80 мг · экв на 100 г. Бобовые растения обладают большей емкостью поглощения по сравнению со злаковыми.

Биологическое поглощение изменяет концентрацию и состав почвенного раствора, его равновесие и влияет на состояние почвенного поглощающего комплекса, удерживает в почве от вымывания элементы питания растений.

6.2. Кислотность, щелочность и буферность почв

Кислотность почв — это способность подкислять почвенный раствор при наличии в почве различных кислот, а также обменных ионов водорода и катионов, образующих гидролитически кислые соли. Различают актуальную кислотность, определяемую значением pH почвенного раствора или водной вытяжки и потенциальную кислотность, обусловленную находящимися в почвенном поглощающем комплексе в обменно-поглощенном состоянии катионами H^+ и Al^{3+} .

Актуальная кислотность обуславливается наличием в почвенном растворе свободных кислот, гидролитически кислых солей и степенью их диссоциации. В большинстве почв она обусловлена угольной кислотой и ее солями. Величина актуальной кислотности выражается в $мг \cdot экв \cdot H^+$ на 100 г почвы или в pH . Для обозначения величины актуальной кислотности к показателю pH добавляют индекс (pH_v или pH_{H_2O}). Величина актуальной кислотности (pH_v) в почвах колеблется в пределах от 4 до 10. Низкие значения pH_v характерны для подзолистых почв. В дерново-подзолистых и красноземах $pH_v = 4,5-5,6$, черноземах, каштановых почвах — $6,5-7,5$, в карбонатных почвах, солонцах $pH_v > 8,5$.

Для большинства сельскохозяйственных культур благоприятная реакция водной вытяжки при $pH_v = 6,4-7$.

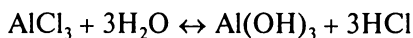
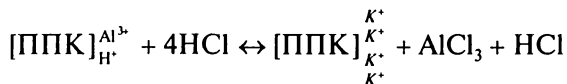
Интересные данные о зависимости урожайности яровой пшеницы от величины pH_v получены профессором Л. М. Бурлаковой (1984). На основании многолетних стационарных опытов и маршрутных исследований на черноземах Алтайского Приобья был установлен высокий коэффициент зависимости урожайности яровой пшеницы от величины pH_v в слое почвы 0—20 см (табл. 15).

Таблица 15. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от значения pH_v на черноземах Алтайского Приобья (Л. М. Бурлакова, 1984)

pH_v в слое 0—20 см	Урожайность, т/га	pH_v в слое 0—20 см	Урожайность, т/га
<6,3	0,6—0,8	7,1—7,5	0,9—1,1
6,4—6,5	2,1—2,3	7,6—8,0	0,6—0,8
6,6—7,0	1,8—2,0	>8,1	<0,5

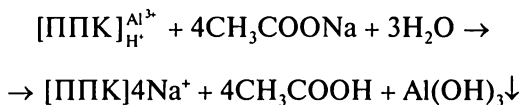
Потенциальную кислотность делят на две части по способу определения: обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность определяется количеством титруемых ионов H^+ и Al^{3+} в вытяжке в нейтральной соли (1н. KCl) или величиной pH_c солевой вытяжки в 1н. KCl, где индекс «с» — означает, что реакция определяется в солевой вытяжке из почвы:



Образующаяся соляная кислота характеризует обменную кислотность почвы. Для кислых почв значение pH_c может снижаться до 3 и даже ниже.

Гидролитическая кислотность определяется количеством вытесняемых ионов водорода и алюминия гидролитически щелочной солью (CH_3COONa — уксусно-кислый натрий):



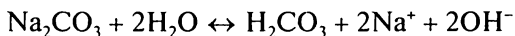
Образующаяся уксусная кислота характеризует величину гидролитической кислотности, которую выражают в $\text{мг} \cdot \text{экв} \cdot \text{H}^+$ на 100 г почвы и обозначают H_r . Гидролитическая кислотность включает в себя актуальную и потенциальную кислотности.

Сильно кислые почвы необходимо известковать. Вносимая в почву известь насыщает ППК ионом Ca^{2+} и нейтрализует кислотность.

Щелочность обуславливается наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей: карбонатов и гидрокарбонатов щелочных и щелочноземельных металлов: Na_2CO_3 ; NaHCO_3 ; $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и содержанием обменного Na^+ в почвенном поглощающем комплексе.

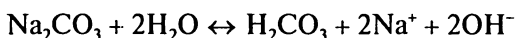
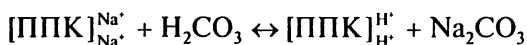
Различают актуальную и потенциальную щелочность почвы.

Актуальная щелочность обуславливается содержанием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей, которые при диссоциации создают повышенную концентрацию гидроксил-ионов:



Актуальную щелочность определяют титрованием водной вытяжки из почвы 0,01N раствором серной кислоты в присутствии метилоранжа и выражают в мг · экв на 100 г почвы. При определении актуальной щелочности потенциометром в водной вытяжке ее выражают значением pH_v .

Потенциальная щелочность почв обуславливается содержанием обменного Na^+ , который может вытесняться другими катионами и подщелачивать почвенный раствор:



Повышенная концентрация гидроксил-ионов в почвенном растворе оказывает отрицательное влияние на усвоение элементов питания растениями и микроорганизмами и на свойства почвы. Катионы натрия усиливают пептизацию почвенных коллоидов, ухудшают водные и физические свойства почвы. Щелочность почв нейтрализуют внесением гипса $(CaSO_4) \cdot 2H_2O$, который нейтрализует физиологически-щелочные соли почвенного раствора и насыщает ППК ионами Ca^{2+} с вытеснением иона Na^+ почвенный раствор с образованием нейтральной соли (Na_2SO_4) .

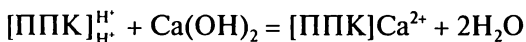
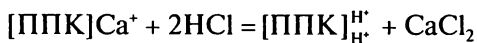
Буферность почв — способность сохранять определенную концентрацию ионов водорода (pH), противостоять изменению концентрации почвенного раствора, кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного состояния. Буферность почв обуславливается содержанием в почвенном растворе слабых кислот, оснований и их солей, а также процессами ионного обмена почвенного раствора с почвенным поглощающим комплексом (ППК).

Буферность имеет большое значение в поддержании свойств почв, благоприятных для роста и развития растений. Например при внесении в почву высоких доз минеральных удобрений возможно изменение концентрации почвенного раствора и реакции среды до критического состояния для растений. Но благодаря буферности почвы концентрация почвенного раствора поддерживается в благоприятном состоянии.

Буферность почв зависит от их минералогического и гранулометрического составов, содержания гумуса, емкости поглощения и состава обменных катионов.

Почвы, насыщенные основаниями, обладают высокой буферностью против подкисления, а почвы, в ППК которых нахо-

дятся катионы водорода и алюминия, устойчивы против подщелачивания:



Глинистые почвы с большим содержанием гумуса, имеющие высокую емкость катионного обмена, обладают высокой буферностью.

Легкие, малогумусовые почвы, обладающие низкой емкостью поглощения, имеют низкую буферность. Такие почвы могут резко изменять концентрацию почвенного раствора и его реакцию при внесении физиологически кислых или физиологически щелочных удобрений.

Высокая буферность может отрицательно влиять на эффективность приемов мелиорации почв. Например, буферность оказывает сопротивление приемам по регулированию реакции почвенного раствора и состава обменных катионов твердой фазы подзолистых почв и солонцов, так как для преодоления буферности требуется внесение повышенных доз химических мелиорантов. Например, при известковании кислых почв в зависимости от гидролитической кислотности и гранулометрического состава дозы извести составляют от 2 до 8 т/га.

6.3. Структура почв

В твердой фазе почвы находятся обломки горных пород, частицы первичных и вторичных минералов, гумусовых веществ и органо-минеральных соединений, которые называют механическими элементами. Эти частицы размером от 0,0001 до 10 мм и более, могут находиться в почве в свободном состоянии или соединенные в структурные агрегаты различной формы, величины и прочности.

По форме различают три типа структуры: *кубовидная* — структурные отдельности равномерно развиты по трем взаимно перпендикулярным осям; *призмовидная* — отдельности развиты по вертикальной оси; *плитовидная* — отдельности развиты преимущественно по двум горизонтальным осям и укорочены в вертикальном направлении.

Каждый из этих типов по характеру ребер, граней и размерам подразделяется на более мелкие единицы. Например, кубовидная структура подразделяется на глыбистую, комковатую, ореховатую, зернистую, которые по размерам поперечника делят на виды. Комковатая — неправильной округлой формы с шероховатой поверхностью, подразделяется на виды: крупнокомковатую поперечнике 3—10, комковатую — 1—3 и мелкокомковатую — 0,25—1,0 мм.

Зернистая — более или менее правильной формы, острогранная, подразделяется на виды: крупнозернистую (гороховатую) поперечнике 3—5, зернистую (крупитчатую) — 1—3 и мелкозернистую — 0,25—1 мм.

6.3.1. Агрономическое значение структуры

Значение структуры определяется размерами структурных агрегатов, их пористостью, сложением, связностью и водопрочностью. Структурной считается почва, содержащая больше половины водопрочных макроагрегатов размером 0,25—10 мм, обладающих высокой пористостью (>45 %).

Микроагрегаты размером 0,25—0,01 мм тоже считаются ценными при условии их пористости и водопрочности. Микроагрегаты менее 0,01 мм ухудшают водопроницаемость и воздухообмен в почвах.

Чтобы почва удовлетворяла потребности растений в воде и составе почвенного воздуха, эти структурные агрегаты должны быть пористыми, водопрочными и иметь благоприятное сложение. Имеются в виду не отдельные механические частицы минералов и органических веществ, а склеенные, «сцементированные» в комочки различной величины и формы под влиянием различных факторов.

В агрономическом отношении лучшими считаются комковатая и зернистая мезо- и микроструктура с размерами агрегатов от 0,01 до 10 мм, которые устойчивы к механическому воздействию, способны не разрушаться при увлажнении, обладают высокой порозностью и имеют рыхлое сложение.

При низкой связности и водопрочности структурные агрегаты разрушаются при обработке почвы и выпадении осадков. При сильном увлажнении такая почва заплывает, а при высыхании образует корку, плохо проницаемую для воздуха.

Агрономическое значение структуры состоит в том, что она оказывает большое влияние на пористость, плотность сложения, водный, воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный, микробиологический, питательный режимы и физико-механические свойства почвы.

6.3.2. Образование структуры

Формирование структуры почвы происходит в процессе почвообразования. На образование структуры оказывают влияние следующие факторы: физико-механические, физико-химические, химические и биологические.

К физико-механическим факторам относят переменное высушивание и увлажнение почвы, замерзание и оттаивание почвенного раствора, давление корней растений, влияние роющих животных и воздействие почвообрабатывающих орудий. Эти факторы наряду с положительным влиянием могут оказывать и разрушающее действие на структуру почвы.

Более важная роль в формировании структуры принадлежит физико-химическим факторам — коагуляции и цементирующему воздействию почвенных коллоидов. Органические и минеральные коллоидные вещества скрепляют механические элементы, коагулируют их необратимо. Коагуляторами в почвах являются двух- и трехвалентные катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} .

Если почвенные коллоиды (частицы $<0,0001$ мм) насыщаются двух- и трехвалентными катионами, то они формируют структурные агрегаты, неразмываемые водой. Более прочно склеиваются почвенные частицы органическими коллоидами, насыщенными катионами кальция и железа.

Коллоиды, насыщенные одновалентными катионами, особенно Na^+ , обуславливают пептизацию структурных агрегатов, т. е. распад на более мелкие, вплоть до первичных, частицы.

К химическим факторам, оказывающим склеивающее и цементирующее воздействие на почвенные частицы, относится образование труднорастворимых химических соединений (карбоната кальция, гидроокиси железа, силикатов магния и др.). Эти химические соединения способствуют агрегации почвенных частиц и пропитывают структурные агрегаты почвы, цементируют их, делают водопрочными.

Среди биологических факторов структурообразования главная роль принадлежит растительности, особенно травянистой, которая не только разделяет почву на комочки, но и является основным источником органических веществ для образования гумуса. Под травянистой растительностью формируются хорошо структурированные почвы (лугово-черноземные, черноземы). Комковато-зернистая мезо- и микроструктура этих почв состоит из агрегатов, пропитанных гуматами кальция, противостоящих размывающему действию воды, так как гуматы кальция являются главными клеящими и цементирующими веществами при формировании агрегатов.

На формирование структуры положительное влияние оказывают дождевые черви и микроорганизмы. Частишки почвы, продвигающиеся по кишечному тракту червей, уплотняются и выделяются в виде маленьких водопрочных комочков, называемых капролитами.

Продукты жизнедеятельности микроорганизмов и разложения их тел после отмирания обладают цементирующими свойствами и способствуют структурообразованию в почвах.

6.3.3. Причины разрушения и приемы восстановления структуры почвы

Структура почвы может ухудшаться и утрачиваться под влиянием следующих факторов: механических, физико-химических и биологических.

В земледелии механическое разрушение структуры происходит при воздействии машин и орудий, передвижении животных, выпадении обильных дождей и града.

Физико-химические причины разрушения структуры появляются при насыщении почвенного поглощающего комплекса (ППК) одновалентными катионами (Na^+ , NH_4^+ , H^+), которые вытесняют катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} .

В этом случае происходит пептизация почвенных коллоидов и разрушение структурных агрегатов при увлажнении почвы. При высыхании таких почв они уплотняются в монолиты, почвы становятся бесструктурными.

К биологическим причинам разрушения структуры относятся процессы минерализации гумуса почвы микроорганизмами. В условиях экстенсивного землепользования часто получается

отрицательный баланс гумуса в почвах, не вносятся органические и минеральные удобрения. В таких условиях происходят большие минерализационные потери почвенного гумуса. А гумус является главным склеивающим веществом при образовании структуры почвы.

Разрушение структуры почв зависит от условий почвообразования. Например, при формировании подзолистых почв под пологом хвойных лесов в результате промывного водного режима и действия кислых соединений происходит разрушение легкорастворимых веществ, первичных и вторичных минералов в верхних горизонтах, вынос илистых частиц в нижние иллювиальные горизонты или за пределы почвенного профиля, в грунтовые воды. Подзолистый горизонт обедняется полуторными оксидами, илистыми частицами, имеет сильную ненасыщенность основаниями, кислую реакцию, приобретает плитчатую структуру или становится бесструктурным.

Восстановление и улучшение структуры почв при сельскохозяйственном использовании осуществляется в основном агротехническими методами.

Прежде всего, необходимо улучшать свойства почв, которые оказывают решающее отрицательное влияние на структуру. В кислых почвах необходимо насыщать ППК основаниями путем внесения расчетных норм извести. Обогащение ППК обменным кальцием приводит к нейтрализации излишней кислотности и улучшению структуры почвы.

В солонцовых почвах и солончаках необходимо замещать в ППК обменный натрий на кальций внесением расчетных доз гипса.

Большое влияние на улучшение структуры почвы оказывают органические удобрения: навоз, торф, зеленые растения (сидераты). Органические вещества являются источником для образования гумуса, который положительно влияет на образование водопропрочной структуры. В сельскохозяйственном использовании почв системы земледелия должны предусматривать бездефицитный или положительный баланс гумуса. Воспроизводство гумуса в условиях интенсивного земледелия должно осуществляться за счет ежегодно создаваемого органического вещества, внесения органических и минеральных удобрений.

В структуре посевных площадей необходимо планировать возделывание многолетних трав, особенно бобовых, которые оказывают большое положительное влияние на образование во-

допрочной структуры по сравнению с однолетними культурами. Многолетние травы оставляют в почве больше органических веществ, благоприятных для деятельности микроорганизмов и образования гумусовых веществ.

Для сохранения структуры почвы большое значение имеет рациональная система обработки почвы, проведение агротехнических приемов в состоянии физической спелости почвы.

Для ослабления разрушения структуры почвы орудиями обработки и воздействием тяжелой техники применяют рациональные технологии выращивания культур. Такие технологии предусматривают минимализацию обработки почвы, сокращение проходов агрегатов по полю за счет использования широкозахватных и комбинированных агрегатов с многоцелевыми рабочими органами и тракторов на широких гусеницах и шинах низкого давления.

6.4. Общие физические свойства почв

К общим физическим свойствам относят плотность почвы, плотность твердой фазы и пористость почвы.

Плотностью почвы называют массу единицы объема абсолютно сухой почвы в естественном сложении. При определении плотности взвешивают абсолютно сухую почву в единице объема со всеми порами. Плотность характеризует степень уплотнения почвенных частиц и агрегатов. Ее выражают в граммах на 1 см^3 и обозначают буквой d_v . Плотность почвы зависит от гранулометрического состава, содержания органического вещества и структурного состояния. Плотность минеральных почв составляет от $1,0$ до $1,8 \text{ г/см}^3$, верхних горизонтов черноземных почв — $1,0$ — $1,2$, нижних горизонтов — $1,3$ — $1,6 \text{ г/см}^3$. Оптимальная плотность почвы для большинства культурных растений — $1,0$ — $1,2 \text{ г/см}^3$.

От плотности почвы зависят водный, воздушный, тепловой режимы и биологическая активность. С увеличением плотности уменьшается общая пористость почвы и особенно объем пор аэрации, ухудшается воздухообмен, снижается водопроницаемость.

Измерение плотности почвы необходимо для расчета пористости, запасов воды и питательных веществ.

Плотностью твердой фазы почвы называют отношение массы твердой фазы почвы без всяких пор в абсолютно сухом состоянии к массе равного объема воды при 4 °С. Плотность твердой фазы почвы определяют пикнометрическим методом путем вытеснения воды из пикнометра навеской абсолютно сухой почвы. Выражают плотность твердой фазы почвы в г/см³ и обозначают буквой *d*. Ее величина зависит от минералогического состава и содержания органических веществ в почвах. В среднем она составляет 2,4—2,65 г/см³.

Определение плотности твердой фазы почвы необходимо для расчета пористости почвы, кроме того, по ее величине можно судить о соотношении минеральных и органических веществ в почве.

Пористость почвы — отношение объема всех пор в единице объема почвы в естественном состоянии ко всему объему вместе с твердой фазой и порами, выраженное в процентах. Обозначается буквой $P_{\text{общ}}$.

Общую пористость (или скважность) почвы рассчитывают по показателям плотности почвы и плотности ее твердой фазы по формуле

$$P_{\text{общ}} = \left(1 - \frac{d_v}{d} \right) \cdot 100,$$

где $P_{\text{общ}}$ — общая пористость почвы, % объема почвы;

d_v — плотность почвы;

d — плотность твердой фазы почвы.

Для общей пористости суглинистых и глинистых почв Н. А. Качинский предложил следующую шкалу:

- >70 % — избыточно пористая;
- 55—65 % — отличная в пахотном слое;
- 50—55 % — удовлетворительная для пахотного слоя;
- <50 % — неудовлетворительная для пахотного слоя;
- 40—25 % — очень низкая, характерная для уплотненных и иллювиальных горизонтов.

Количество пор в почве и их соотношение по размерам определяет, прежде всего, водные свойства и воздухообмен, от которых зависят окислительно-восстановительные процессы и питание растений.

Общая пористость подразделяется на капиллярную и некапиллярную. Капиллярная пористость создает водоудерживающую

способность почвы, обусловленную явлением смачивания и поверхностным натяжением воды (менисковыми силами). Капиллярные силы начинают проявляться в порах диаметром < 8 м, но значительно возрастают в порах диаметром $< 0,01$ мм. Некапиллярные поры между структурными агрегатами чаще всего заполнены воздухом, поэтому их называют порами аэрации. Вода из этих пор в основном просачивается по профилю почвы под действием сил гравитации.

В агрономическом отношении нужно, чтобы при общей пористости 55–60 % большая часть приходилась на капиллярную и 20–25 % — на некапиллярную.

Если при влажности почвы, близкой к НВ, объем пор аэрации будет меньше 20 % от общей пористости, то нужно улучшать структуру почвы агротехническими приемами. Пористость аэрации — это часть общей пористости почвы, заполненная воздухом. Определив общую пористость почвы в любом слое и объем воды в этом слое, рассчитывают пористость аэрации по формуле

$$P_{\text{аэр}} = P_{\text{общ}} - P_{\text{в}},$$

где $P_{\text{аэр}}$ — пористость аэрации, %;

$P_{\text{общ}}$ — общая пористость, %;

$P_{\text{в}}$ — объем воды, % от объема почвы в определяемом слое.

6.5. Физико-механические свойства почв

К физико-механическим свойствам почв относят пластичность, липкость, набухание, усадку, связность, твердость и удельное сопротивление при обработке. Количественная оценка этих свойств необходима для выбора оптимальной технологии ее культивации.

Пластичность почвы — это ее способность к деформации без крошения под действием внешней силы и без расплывания при увлажнении и сохранению приданной формы после устранения этой силы. Пластичность проявляется в определенном для каждого типа почвы диапазоне влажности, имеющем нижний и верхний пределы (границы пластичности). Сухие и переувлажненные почвы не обладают пластичностью.

Высокое качество обработки почвы достигается до начала проявления пластичности. Показатель верхней границы пластичности почвы нужен для определения устойчивости к водной эрозии, так как при влажности выше верхнего предела пластичности почва начинает расплываться по склонам.

Пластичность возрастает при увеличении в ППК обменного натрия, а при насыщении ППК катионами кальция, магния и увеличении содержания гумуса — снижается. Поэтому для улучшения технологических свойств высокопластичных почв нужно проводить гипсование засоленных и известкование кислых почв, вносить высокие дозы органических удобрений.

Липкость — свойство влажной почвы прилипать к поверхности прикасающихся к ней предметов. Она увеличивает сопротивление почвы при обработке, ухудшает качество работ, затрудняет движение транспорта.

Липкость определяется величиной силы, необходимой для отрыва металлической пластинки от поверхности почвы, и выражается в г/см^2 . Она начинает проявляться при определенной для каждого типа почв влажности, зависит от состава обменных катионов и гумусности почвы.

Липкость почвы $>5 \text{ г/см}^2$ при капиллярной влагоемкости считается очень высокой. Хорошее качество обработки почвы достигается при влажности, не превышающей начала проявления прилипания, когда почва находится в состоянии физической спелости, хорошо крошится на комочки. Среднесуглинистые почвы находятся в состоянии физической спелости при следующей влажности: дерново-подзолистые — 12—21 %, серые лесные — 15—23, черноземы — 15—24, каштановые — 13—25 %.

Для снижения липкости почвы нужно улучшать состав обменных катионов, насыщать ППК кальцием и повышать гумусность почв.

Набухание почв — их свойство увеличивать свой объем при увлажнении воздушно-сухой почвы. Большой набухаемостью отличаются глинистые почвы с преобладанием в составе минералов монтмориллонита и вермикулита. Наибольшую набухаемость имеют солонцы, ППК которых насыщен катионами натрия.

Набухание — отрицательное свойство почв, приводящее к выпиранию почвы и разрушению ее структуры. Для снижения набухаемости почв необходимо проводить гипсование солонцовых почв и вносить органические удобрения.

Усадка почв — свойство уменьшать свой объем при высушивании. Зависит от тех же причин, что и набухание. Это тоже отрицательное свойство почв, приводящее к сильному уплотнению почв при высыхании, образованию трещин, разрыву корней растений и потере влаги.

Связность почв — способность противостоять разъединению частиц почвы внешними силами. Почвы, обладающие свойством большой усадки, имеют и высокую связность. Пептизация почвенных коллоидов увеличивает удельную поверхность почвы и силы сцепления между частицами, что повышает ее связность.

Для уменьшения связности солонцовых почв нужно улучшать состав обменных катионов путем гипсования и внесения органических удобрений. В глинистых почвах нужно улучшать структуру внесением органических удобрений.

Удельное сопротивление почвы — сопротивление, оказываемое почвой, приходящееся на 1 см^2 поперечного сечения пласта, подрезаемого и оборачиваемого плугом, выражаемое в килограммах на 1 см^2 . Оно зависит от гранулометрического состава, физико-химических свойств почвы, ее влажности и колеблется от 0,2 до $1,2 \text{ кг/см}^2$.

Эту важную физико-механическую характеристику нужно учитывать, например, при составлении норм выработки и расхода топлива для тракторов, при конструировании почвообрабатывающих орудий.

Известкование кислых почв, гипсование щелочных изменяют состав поглощенных оснований, улучшают физические и физико-механические свойства, в том числе уменьшают и удельное сопротивление почвы. Выращивание многолетних трав, внесение органических удобрений, возделывание сидеральных культур — все эти мероприятия улучшают физические и физико-механические свойства почв.

Большое значение для улучшения физико-механических свойств почв и снижения их отрицательного влияния на качество полевых работ имеет выбор сроков и приемов обработки почвы в зависимости от ее влажности, внедрение минимизации обработок.

глава 7

РЕЖИМЫ ПОЧВ

7.1. Вода в почве

Почва способна впитывать, пропускать через себя и удерживать в своем составе воду. В почве всегда находится влага. Главным источником почвенной влаги являются атмосферные осадки. Кроме осадков вода поступает в почву из грунтовых вод, а также путем сорбции твердой фазой почвы водяных паров из атмосферы. В орошаемом земледелии воду подают в почву при поливах из различных источников.

Вода является одним из основных факторов плодородия почвы. Она определяет процесс почвообразования, физико-химические и биологические процессы. Из почвенного раствора в ионной форме поглощаются элементы питания, вода предохраняет растения от перегрева солнечной радиацией. От содержания воды зависят воздушный, питательный и тепловой режимы почвы, ее физико-механические свойства. Рост и развитие растений нормально происходят только при постоянном и оптимальном содержании воды в почве. Недостаток или избыток воды в почве отрицательно сказываются на продуктивности растений или даже вызывают их гибель.

Вода в почве удерживается различными силами: сорбционными, капиллярными, осмотическими. Под действием этих сил изменяются свойства почвенной воды, ее подвижность и доступность растениям.

Находясь в почве в различных состояниях, вода обладает различными физическими свойствами: плотностью, вязкостью, теплоемкостью, осмотическим давлением и др. Эти свойства обуславливаются взаимодействием молекул воды между собой и твердой, жидкой и газообразной фазами почвы.

По классификации А. А. Роде (1965) в почвах выделяют пять категорий или форм воды: твердую, химически связанную, парообразную, сорбированную и свободную.

Твердая вода — лед, образующийся в почве при сезонном промерзании или многолетний в условиях «вечной мерзлоты». При испарении и таянии льда при положительной температуре он может служить источником доступной для растений воды.

Химически связанная вода входит в состав химических соединений в виде гидроксильной группы — конституционная вода $[\text{Fe}(\text{OH})_3, \text{Al}(\text{OH})_3]$, или целыми молекулами (кристаллизационная вода), например, в составе гипса — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мирабилита — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Химически связанная вода не обладает свойствами растворителя и недоступна растениям.

Парообразная вода содержится в почвенном воздухе, который находится в порах почвы, свободных от воды. Почвенный воздух почти всегда полностью насыщен парами воды. Пары воды перемещаются с почвенным воздухом от теплых слоев почвы к холодным, из мест с большим давлением водяного пара в места с меньшим давлением. Поэтому в почве происходят восходящие и нисходящие суточные и сезонные перемещения водяного пара. В процессе конденсации пар превращается в жидкую воду, которая может поглощаться растениями.

Физически связанная, или сорбированная, вода удерживается поверхностной энергией твердых частиц почвы. Процессом сорбции воды называют притяжение твердыми частицами почвы дипольных молекул парообразной и жидкой воды.

Прочносвязанная вода образуется в результате адсорбции паров воды из воздуха на поверхности твердых частиц в 2—4 слоя ориентированных молекул воды. Свойство почвы сорбировать парообразную воду называют гигроскопичностью, а саму такую воду — гигроскопической. Она недоступна для растений. Гигроскопическая вода имеет повышенную плотность ($1,5\text{—}1,8 \text{ г/см}^3$), повышенную вязкость, замерзает при температуре от -4 до -78°C .

Максимальное количество воды, которое может быть сорбировано почвой из парообразного состояния в воздухе при его относительной влажности, равной 100 %, называют *максимальной гигроскопической водой* (МГ). В малогумусных песчаных почвах максимальная гигроскопическая вода составляет 0,5—1 %, в глинистых высокогумусных — 15—16 %, в торфяных — до 30—50 % от массы сухой почвы.

Рыхлосвязанная вода сорбируется твердыми частицами почвы при соприкосновении с жидкой водой. Поверхностная энергия твердых частиц почвы неполностью компенсируется молекулами парообразной воды, поэтому при соприкосновении с жидкой водой формируется дополнительный слой, толщиной до нескольких десятков молекул воды. Эта дополнительно сорбированная вода называется рыхлосвязанной, она удерживается менее прочно и может быть частично доступной для растений. Она имеет плотность выше, чем плотность у свободной воды, замерзает при температуре $-1,5 \div -4$ °С.

Помимо рыхлосвязанной, в почве содержится свободная вода. Она не связана силами сорбции с твердой фазой почвы, легко доступна для растений. Ее подразделяют на капиллярную и гравитационную воду.

Капиллярная вода удерживается в почве капиллярными силами. Они возникают в порах почвы диаметром от 8 до 0,003 мм за счет разности капиллярного давления при различной кривизне менисков воды. Вода, смачивая стенки капилляров, образует вогнутые поверхности, что приводит к снижению давления, подъему воды по капиллярам и удержанию ее в почве. При увлажнении почвы сверху, без подпора грунтовыми водами, вода в капиллярах удерживается в подвешенном состоянии и называется капиллярно-подвешенной. При увлажнении почвы снизу грунтовыми водами, вода в капиллярах поднимается под давлением грунтовых вод и называется капиллярно-подпертой водой. Зону капиллярного подъема воды под давлением грунтовых вод выше их основного уровня называют капиллярной каймой (КК).

Гравитационная вода находится в крупных порах, свободно просачивается вниз по профилю почвы под действием сил притяжения Земли.

7.2. Водные свойства почв

К основным водным свойствам почв относятся водоудерживающая способность, водопроницаемость и водоподъемная способность.

Водоудерживающая способность — способность почвы удерживать воду сорбционными и капиллярными силами. Максимальное количество воды, которое почва способна удерживать

различными силами, называется влагоемкостью. Различают влагоемкость полную, наименьшую, капиллярную и максимальную-молекулярную, которые для каждой почвы являются почвенно-гидрологическими константами.

Полная влагоемкость (ПВ) или водовместимость — это количество воды в почве после полного насыщения, когда все поры (капиллярные и некапиллярные) заполнены водой. Длительное насыщение почв водой до полной влагоемкости, например, гидроморфных почвах приводит к развитию анаэробных процессов, снижающих плодородие и продуктивность растений.

Если гравитационная вода не подпирается грунтовыми водами, то она стекает в более глубокие горизонты. Максимальное количество воды, которое удерживается в почве после просачивания гравитационной воды в глубокие горизонты при отсутствии подпора грунтовыми водами, называют *наименьшей влагоемкостью* почвы (НВ).

Наименьшая влагоемкость (НВ) является важным свойством почвы, она обуславливает максимальное количество воды, которое почва способна удерживать длительное время.

При влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоемкости, до 75 % пор заполнены водой, в этом случае создаются оптимальные условия для влаго- и воздухообеспеченности растений. Наибольшие значения НВ свойственны для высокогумусных почв тяжелого гранулометрического состава с водопрочной структурой.

В процессе испарения и потребления воды растениями уменьшается количество воды в капиллярах. Появляются разрывы в заполнении капилляров водой, уменьшается подвижность воды и ее доступность растениям.

Влажность почвы, соответствующая разрыву сплошного заполнения капилляров водой, называют влажностью разрыва капилляров (ВРК). Эта константа почвы характеризует нижний предел оптимальной влагообеспеченности растений. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65—70 % НВ.

Максимальное количество капиллярно-подпертой воды, которое может содержаться в почве над уровнем грунтовых вод, называют капиллярной влагоемкостью (КВ).

Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ) — максимальное количество рыхлосвязанной воды, удерживаемой сорбционными силами на поверхности твердой фазы почвы. При влажности почвы, соответствующей ММВ, растения начинают

завядать, поэтому ее называют влажностью завядания (ВЗ) или «мертвым», недоступным для растений запасом воды в почве.

Для разных типов почв, для различных растений и периодов их роста влажность завядания неодинакова. Особенно трудно переносят критическое содержание воды в почве проростки растений.

Влажность завядания растений определяют методом проростков по С. И. Долгову или используя величину максимальной гигроскопичности почвы (МГ).

По рекомендации гидрометслужбы влажность завядания (в %) равна максимальной гигроскопичности (в %), умноженной на коэффициент 1,34, а по рекомендации Н. А. Качинского — на коэффициент 1,5: $(ВЗ = МГ \cdot 1,34$ или $ВЗ = МГ \cdot 1,5)$.

Общий запас воды в почве рассчитывают для каждого генетического горизонта, потому что влажность и плотность почвы значительно изменяются по почвенному профилю. Общий запас воды на заданную глубину почвы можно рассчитать по формуле

$$ОЗВ \text{ м}^3/\text{га} = (W_1 \cdot dv_1 \cdot h_1) + (W_2 \cdot dv_2 \cdot h_2) + \dots + (W_n \cdot dv_n \cdot h_n),$$

где ОЗВ — общий запас воды на изучаемую глубину почвы, $\text{м}^3/\text{га}$;

W_1, dv_1, h_1 — соответственно полевая влажность, плотность и мощность первого слоя или генетического горизонта, см;

W_2, dv_2, h_2 — значения показателей второго слоя или генетического горизонта и т. д.

Для пересчета запасов воды, рассчитанных в $\text{м}^3/\text{га}$, в мм водного слоя нужно разделить на 10, так как слой воды в 1 мм на площади 1 га занимает объем 10 м^3 .

Запасы недоступной воды в почве, которые соответствуют влажности завядания растений, определяют тоже по генетическим горизонтам на заданную глубину, аналогично расчету общего запаса воды. Но вместо полевой влажности по тем же слоям или генетическим горизонтам почвы берут влажность устойчивого завядания растений — ВЗ:

$$НВЗ = (ВЗ_1 \cdot dv_1 \cdot h_1) + (ВЗ_2 \cdot dv_2 \cdot h_2) + \dots + (ВЗ_n \cdot dv_n \cdot h_n),$$

где НВЗ — запасы недоступной воды в почве на изучаемую глубину в $\text{м}^3/\text{га}$;

$ВЗ_1, dv_1, h_1$ — влажность завядания, плотность и мощность первого слоя или генетического горизонта и т. д.

Разность между общим запасом воды в почве и запасом не доступной воды составляет продуктивную воду для растений, которая может быть использована на формирование урожая.

Количество продуктивной воды в почве соответствует влажности в интервале от влажности завядания (ВЗ) до наименьшей влагоемкости (НВ). Но наиболее доступная для растений вода соответствует влажности почвы от ВРК до НВ.

Запасы продуктивной воды в слое почвы мощностью 0—100 см, равные 130—180 мм, являются хорошими, от 130 мм до 100 мм — удовлетворительными, меньше 100 мм считаются неудовлетворительными.

Полевую влажность почвы определяют чаще всего весовым методом. В поле пробы для определения влажности почвы берут, как правило, буром из скважин или ножом со стенки разреза. Пробы берут из горизонтов почвы через 10 или 20 см. Если нужно взять пробу из слоя почвы 50 см, то ее отбирают по несколько граммов из верхней, средней и нижней частей. Отобранные образцы в алюминиевых стаканчиках взвешивают с точностью до 0,01 г, затем высушивают в сушильных шкафах при температуре 105 °С до постоянной массы. Такую почву называют абсолютно сухой.

Полевую влажность почвы рассчитывают по формуле

$$W = \frac{100a}{b},$$

где W — полевая влажность, %;

a — масса испарившейся воды, г;

b — масса абсолютно сухой почвы, г.

Таким образом, под влажностью почвы понимают отношение массы воды в почве к массе абсолютно сухой почвы, выраженное в процентах.

Водопроницаемость почвы — это ее способность впитывать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости. Первая стадия — впитывание, когда все поры почвы постепенно заполняются водой, т. е. почва достигает полной влагоемкости.

Вторая стадия водопроницаемости — фильтрация — просачивание, передвижение воды в почве под действием силы тяжести и величины напора слоя воды над поверхностью почвы после полного насыщения ее водой.

Водопроницаемость определяется объемом воды, просачивающейся через единицу площади поверхности почвы в единицу времени, и выражается в мм слоя воды в единицу времени по формуле

$$v = \frac{10Q}{St},$$

где v — скорость водопроницаемости, мм/ч;

Q — расходы воды, см³;

10 — коэффициент перевода см³ воды в мм слоя воды на площади 1 см²;

S — площадь фильтрующей поверхности почвы, см²;

t — время опыта, ч.

Н. А. Качинский (1970) предложил шкалу оценки водопроницаемости почв:

Водопроницаемость почвы при напоре слоя воды 5 см и температуре 10 °С, мм/ч	Оценка водопроницаемости почвы
Свыше 1000	Провальная
1000—500	Излишне высокая
500—100	Наилучшая
100—70	Хорошая
70—30	Удовлетворительная
<30	Неудовлетворительная

В песчаных почвах водопроницаемость излишне высока, в суглинистых и глинистых с водопрочной комковато-зернистой структурой — наилучшая и хорошая, в тяжелоглинистых бесструктурных — неудовлетворительная.

При неудовлетворительной водопроницаемости почвы происходит скопление и застаивание воды на поверхности в бессточных понижениях, что вызывает гибель большинства культурных растений. На склонах таких почв происходит слишком значительный поверхностный сток, вызывающий эрозию.

При излишне высокой водопроницаемости очень низка влагоемкость почвы, соответственно недостаточен и запас воды для растений. При орошении таких почв возможна потеря поливной

воды в грунтовые воды и подъем уровня грунтовых вод. Если грунтовые воды окажутся высокоминерализованные, то возможно засоление почв, особенно в аридном климате.

Водоподъемная способность почвы — свойство вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней воды при действии менисковых сил в капиллярах твердой фазы почвы.

Менисковые силы начинают действовать в порах почвы диаметром 8 мм, и особенно большая разница в давлении проявляется в капиллярах диаметром 0,1—0,003 мм. Капилляры диаметром <0,003 мм полностью заполнены прочносвязанной (гигроскопической) водой, которая малоподвижна и недоступна для растений.

В связи с этим водоподъемная способность возрастает в ряду от песчаных почв к суглинистым и снижается в тяжелоглинистых. Высота подъема воды в капиллярах под действием менисковых сил в песчаных почвах 0,5—0,7 м, в суглинистых — до 5—6 м над уровнем грунтовых вод. Благодаря этой способности почв грунтовые воды могут подпитывать растения, а при значительном подъеме их уровня оказывать отрицательное влияние на растения, вызывая восстановительные процессы или засоление почв.

За счет действия менисковых сил до момента разрыва сплошного заполнения капилляров передвигается и капиллярно-подвешенная вода.

В бесструктурных почвах с тонкими капиллярами при восходящем передвижении воды к испаряющей поверхности много воды теряется на испарение. В хорошо оструктуренных почвах капиллярные поры разобщены межагрегатными порами, поэтому испарение воды с поверхности почвы значительно меньше.

7.3. Водный режим почв

Водный режим почвы — это совокупность всех явлений, определяющих поступление, передвижение, расход и использование растениями почвенной влаги. Водный режим почвы — важнейший фактор почвообразования и почвенного плодородия.

Основным источником почвенной воды являются атмосферные осадки. Некоторое количество воды поступает в почву в результате конденсации пара из воздуха, иногда значительную роль играют близко расположенные грунтовые воды. В районах орошаемого земледелия большое значение имеют поливы.

Расход воды происходит следующим образом. Часть воды, поступающей на поверхность почвы, стекает в виде поверхностного стока. Наибольшее количество поступившей в почву влаги поглощается растениями, которые затем частично ее испаряют. Некоторое количество воды расходуется на испарение, причем часть этой влаги задерживается растительным покровом и с его поверхности испаряется в атмосферу, а часть испаряется непосредственно с поверхности почвы. Почвенная вода может расходоваться и в виде внутрипочвенного стока — временно существующего явления, которое возникает в периоды сезонного увлажнения почвы. В это время по наиболее водопроницаемому почвенному горизонту начинает перемещаться гравитационная вода, водоупором для которой является менее водопроницаемый горизонт. Такие сезонно существующие воды получили название верховодок. Наконец, значительная часть почвенной воды может достигать поверхности грунтовых вод, отток которых происходит по водонепроницаемому ложу-водоупору, и уходить в составе грунтового стока.

Атмосферные осадки, талые и поливные воды проникают в почву вследствие ее водопроницаемости (способности пропускать воду). Чем больше в почве крупных (некапиллярных) промежутков, тем выше ее водопроницаемость. Особое значение имеет водопроницаемость для впитывания талых вод. Если осенью почва замерзла в сильно увлажненном состоянии, то обычно ее водопроницаемость крайне незначительна. Под лесной растительностью, предохраняющей почву от сильного промерзания, или на полях с рано проведенным снегозадержанием талая вода впитывается хорошо.

От содержания воды в почве зависят технологические процессы при обработке почвы, снабжение растений водой, физико-химические и микробиологические процессы, обуславливающие превращение питательных веществ в почве и поступление их с водой в растение. Поэтому одной из основных задач земледелия является создание в почве водного режима, благоприятного для культурных растений, что достигается накоплением, сохранением, рациональным расходом почвенной влаги, а в необходимых случаях орошением или осушением земель.

Водный режим почвы зависит от свойств самой почвы, условий климата и погоды, характера природных растительных формаций, на обрабатываемых почвах — от особенностей выращивания культурных растений и техники их возделывания.

Практически тип водного режима определяют по соотношению среднего многолетнего количества атмосферных осадков в мм к испаряемости за год. Под испаряемостью понимают максимальное количество воды, которое испаряется с открытой водной поверхности или с поверхности постоянно переувлажненной почвы в конкретных климатических условиях за определенный промежуток времени и выражается в мм. Отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости называли коэффициентом увлажнения (КУ).

В зависимости от коэффициента увлажнения для различных почвенно-климатических зон Г. Н. Высоцкий выделил 4 типа водного режима почв: промывной, периодически промывной, непромывной и выпотной. Также выделяют застойный и криогенный режимы.

При коэффициенте увлажнения >1 складывается промывной тип водного режима. Он характерен для зон, где сумма годовых осадков значительно превышает величину испаряемости. Почвенный профиль ежегодно промывается водой до грунтовых вод. Элювиальный процесс приводит к выщелачиванию продуктов почвообразования в иллювиальные горизонты и грунтовые воды. Это характерно для подзолистых почв таежно-лесной зоны, красноземов и желтоземов зоны влажных субтропических лесов. Если при $KУ > 1$ близко залегают грунтовые воды или слабая водопроницаемость почв и почвообразующих пород, то развивается болотный подтип водного режима.

При коэффициенте увлажнения, равном 1 ($KУ = 1$), складывается периодически промывной тип водного режима. В засушливые годы с колебанием КУ от 1 до 0,8 преобладает непромывной водный режим, а во влажные годы при КУ от 1 до 1,2 складывается промывной тип водного режима, который повторяется 2—4 года из 10 лет. Периодически промывной тип водного режима характерен для серых лесных почв, черноземов оподзоленных и выщелоченных лесостепной зоны.

При снижении коэффициента увлажнения менее 1 (до 0,6—0,1) формируется непромывной тип водного режима. В таких условиях вся вода, поступающая в почву, удерживается в верхних горизонтах и никогда не просачивается до грунтовых вод. Запасы воды, накопленные от осенних и зимних осадков, быстро расходуются летом на транспирацию и физическое испарение с поверхности почвы. Такой тип водного режима характерен

рен для черноземов и каштановых почв степной зоны, бурых почв полупустынной зоны и серо-бурых почв пустынной зоны. В полупустынной и пустынной зонах запасы влаги в почвах бывают незначительными и быстро расходуются на испарение, поэтому земледелие в этих зонах невозможно без орошения.

Выпотной тип водного режима формируется в степной, полупустынной и пустынной зонах при уровне грунтовых вод менее 3 м, когда капиллярно-подпертая вода может подниматься до самой поверхности почвы и расходоваться на транспирацию и физическое испарение. В засушливых зонах при малом количестве осадков преобладает восходящее передвижение воды в почве при подъеме по капиллярам из грунтовых вод. Если грунтовые воды сильно минерализованы, то в почву поступает много солей, происходит образование засоленных почв — солонцов, солончаков.

Дополнительно к основным типам водного режима почв А. А. Роде выделил еще два: мерзлотный и ирригационный. Мерзлотный тип характерен для зон с холодным климатом при наличии многолетнего мерзлого слоя почвогрунта под оттаивающим профилем почвы. Ирригационный тип водного режима складывается при орошении. При орошении нужно стремиться создавать водный режим периодически промывного типа ($KY = 1$). Увеличение норм поливов выше расчетных может привести к подъему грунтовых вод и к засолению почв.

Застойный тип водного режима формируется под влиянием близкого залегания грунтовых вод в условиях влажного климата, при котором количество атмосферных осадков превышает сумму испарения и поглощения воды растениями. Из-за избыточного увлажнения образуется верховодка, в результате чего происходит заболачивание почвы. Этот тип водного режима типичен для понижений в рельефе.

Оптимальные условия для почвообразования, роста и развития растений создаются при коэффициенте увлажнения, близком к 1, когда количество поступающей в почву воды равно ее расходу на транспирацию и физическое испарение при оптимальных значениях других факторов жизни растений.

Улучшения водного режима почв в земледелии добиваются осуществлением комплекса приемов, которые изменяют количество поступающей воды в почву и расход ее, увеличивают полезные запасы воды в почве, способствуют получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

К приемам регулирования водного режима в зонах избыточного увлажнения относятся нивелировка и планировка поверхности почвы, устройство открытого и закрытого дренажа для отвода избыточной воды, окультуривание почвы (улучшение структуры почвы, рыхление подпахотного горизонта и др.).

В зонах неустойчивого увлажнения приемы регулирования должны быть направлены на накопление воды в почве и ее рациональное использование. К таким приемам относятся: задержание снега и талой воды с помощью оставленной стерни, посева кулисных растений, поделки снежных валов, посева полезащитных лесных полос, щелевание почвы, глубокое рыхление почвы поперек склонов, полосное размещение сельскохозяйственных культур, раннее весеннее боронование, прикатывание почвы после посева. Внесение минеральных и органических удобрений способствует более продуктивному использованию влаги.

7.4. Воздушный режим почв

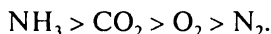
Воздушным режимом почв называют комплекс процессов поступления воздуха в почву, передвижения его по профилю почвы, обмена почвенного воздуха с атмосферным, изменение состава и физического состояния при взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы.

Почвенный воздух представляет собой смесь различных газов и паров летучих органических веществ, которые заполняют поры почвы, не заполненные почвенным раствором.

Почвенный воздух играет большую роль в почвообразовании и в жизни растений, так как растения нуждаются в постоянном притоке кислорода к корням и выводе углекислого газа из почвы.

Различают несколько видов почвенного воздуха. Свободный почвенный воздух находится в порах почвы, он свободно перемещается в почве и обменивается с атмосферой.

Адсорбированный почвенный воздух сорбирован поверхностью твердой фазы почвы. Газы по активности адсорбции твердой фазой почвы располагаются в такой последовательности:



Растворенный почвенный воздух находится в почвенном растворе. Хорошо растворяются в воде аммиак, сероводород, уг-

лскислый газ, меньше растворим кислород. Растворимость газов в почвенном растворе увеличивается с понижением температуры почвы.

Газовый состав почвенного воздуха отличается от атмосферного и постоянно изменяется, особенно значительны колебания в содержании кислорода и диоксида углерода. Это объясняется потреблением кислорода корнями растений, микроорганизмами, окислительными процессами и выделением CO_2 при дыхании корней растений и разложении органических веществ микроорганизмами.

В почвенном воздухе содержание CO_2 всегда выше и может повышаться в десятки и сотни раз по сравнению с атмосферным воздухом, а содержание O_2 может снизиться с 20,9 до 10 % и менее.

В почвах с хорошей аэрацией и благоприятными физическими свойствами происходит быстрый обмен почвенного и атмосферного воздуха, содержание CO_2 поддерживается на уровне 1—2 %, а содержание O_2 достигает 18—20 % всего объема почвенного воздуха. Такой газовый состав почвенного воздуха является благоприятным для почвенной биоты.

При увеличении влажности почвы более НВ, особенно в тяжелоглинистых почвах, содержание CO_2 может повышаться до 6 %, а O_2 снижаться до 15 % и ниже. В болотных почвах эти процессы усиливаются. При недостатке кислорода в почве преобладают анаэробные процессы, повышается содержание диоксида углерода, аммиака, метана, сероводорода, этилена и других газов до токсичного для растений уровня. Такой состав почвенного воздуха угнетает развитие растений и зачастую приводит к их гибели.

Для поддержания благоприятного газового состава почвенного воздуха необходим его постоянный обмен с атмосферным воздухом, постоянное выделение CO_2 из почвы в атмосферу. Выделение CO_2 из почвы в атмосферу называют «дыханием» почвы. Процесс обмена почвенного воздуха с атмосферным называют газообменом или аэрацией.

Газообмен осуществляется через поры почвы, сообщающиеся с атмосферным воздухом и незанятые водой. На интенсивность газообмена влияют диффузия, изменение температуры и атмосферного давления, скорость ветра, колебания уровня грунтовых вод и другие физико-географические факторы.

Интенсивность диффузии зависит от парциального давления газов, пропорционального их концентрации в составе почвенного воздуха. В почвенном воздухе меньше O_2 и больше CO_2 , чем в атмосферном, поэтому под влиянием диффузии происходит поступление кислорода в почву и выделение CO_2 в атмосферу.

Газообмен почвенного воздуха с атмосферным зависит от воздушных свойств почвы — ее воздухопроницаемости и воздухоемкости.

Воздухопроницаемость почвы — это ее способность пропускать через себя воздух. Этот параметр характеризуется количеством воздуха, прошедшим под определенным давлением за единицу времени через площадь 1 см^2 при толщине слоя 1 см . Воздухопроницаемость почвы зависит от гранулометрического состава, структурности, содержания органического вещества, плотности и влажности, приемов обработки и окультуривания.

Благоприятные условия для растений и микроорганизмов создаются в оструктуренных почвах, в которых капиллярные поры занимают более 50 %, а некапиллярные — 15—20 % от общей пористости почвы.

Воздухоемкость — это объем воздуха, выраженный в % от общего объема почвы. Воздухоемкость почвы зависит от ее пористости и влажности. Чем выше пористость и меньше влажность, тем больше воздуха содержится в почве. Если при наименьшей влагоемкости (НВ) объем воздуха в почве составляет менее 15 % от ее общего объема, то аэрация такой почвы становится неудовлетворительной. Оптимальные условия для аэрации почвы создаются при содержании воздуха 20—25 % в минеральных почвах и 30—40 % в торфянистых.

Большая часть типов почв нуждается в улучшении воздушного режима, особенно при избыточном увлажнении. Все приемы обработки почвы, улучшающие физические свойства, увеличивающие аэрацию, улучшают газовый состав почвенного воздуха, уменьшают концентрацию CO_2 , увеличивают содержание O_2 в почве.

Эффективными приемами улучшения воздушного режима почв являются регулирование реакции почвенного раствора, внесение минеральных и органических удобрений. Создание глубокого пахотного слоя и рыхление подпахотного, разрушение почвенной корки улучшают воздушный режим глинистых почв.

7.5. Тепловые свойства почв

Тепловое состояние почвы обуславливается климатом, суммарным и сезонным поступлением солнечной радиации и в значительной степени свойствами самой почвы. Часть тепла почва получает из недр Земли и от химических и биологических процессов, в ней происходящих. Тепловое состояние почвы определяется показателями температуры в генетических горизонтах.

Температура является важным фактором почвообразовательного процесса. Она влияет на растворение и осаждение минеральных и органических соединений в почве, жизнедеятельность микроорганизмов. От температуры почвы зависят рост и развитие растений. Поэтому нужно знать закономерности формирования теплового состояния почв, их тепловые свойства и приемы их регулирования.

Тепловыми свойствами почв являются теплопоглощительная способность, теплоемкость и теплопроводность.

Теплопоглощительная способность почвы — это способность поглощать лучистую энергию солнца. Она определяется величиной альбедо (A), в %. Альбедо — величина, характеризующая способность поверхности отражать поступающую энергию солнца. Альбедо равно отношению отраженной солнечной радиации к общей солнечной радиации, достигшей поверхности, выраженное в процентах. Чем меньше отражается лучистой энергии солнца с поверхности почвы, тем больше почва прогревается.

Альбедо зависит от многих свойств почвы: цвета, влажности, порозности, выравненности, а также от рельефа и растительного покрова. Почвы темные, богатые гумусом (черноземы, каштановые) поглощают больше солнечной радиации по сравнению со светлоокрашенными сероземами, а влажные — по сравнению с сухими. Например, у чернозема сухого альбедо равно 14 %, а влажного — 8 %, у серозема сухого — 25—30 %, а влажного — 10—12 %.

Растительный покров значительно ослабляет влияние солнечной радиации и тем самым уменьшает нагревание поверхности почвы. Рельеф изменяет угол наклона по отношению к солнечным лучам и значительно меняет их поглощение. Склоны южной экспозиции поглощают больше солнечной радиации по сравнению с северными.

Теплоемкость почвы — количество теплоты, выраженное в джоулях или калориях, которое необходимо для повышения температуры единицы массы (1 г) или объема (1 см³) почвы на 1 °С. Теплоемкость единицы массы почвы называют удельной, а единицы объема — объемной. Она зависит от минералогического и гранулометрического составов, содержания органического вещества в почве, воздушного и водного режимов. Теплоемкость 1 г воды принята за 1 калорию или 4,186 Джоуля. Другие составные части и минералы почвы имеют меньшую теплоемкость: 1 г торфа — 0,477 кал, 1 г глины — 0,233 кал, 1 г песка — 0,196 кал. Поэтому влажные почвы медленнее нагреваются и охлаждаются по сравнению с сухими. Глинистые почвы медленнее прогреваются весной, чем песчаные.

Теплопроводность почвы — способность проводить тепло, передавать его от одного слоя к другому. Она измеряется количеством теплоты, которая проводится за 1 секунду через 1 см² почвы толщиной 1 см.

Составные части почвы обладают разной теплопроводностью:

Вещество	Теплопроводность
Воздух	0,00006
Вода	0,00136
Торф	0,00027
Кварц	0,0024

Теплопроводность воздуха очень низка. Поэтому рыхлые почвы пропускают через себя меньше тепла. Теплопроводность воды в 28 раз больше, чем у воздуха, поэтому влажные почвы имеют большую теплопроводность и накапливают больше тепла перед уходом в зиму, что предохраняет растения от вымерзания.

Совокупность процессов поступления тепла в почву из различных источников, передачи его от одного слоя к другому, накопления и отдачи в атмосферу называют тепловым режимом почвы. Тепловой режим в комплексе с водным и воздушным режимами оказывает большое влияние на ход почвообразовательного процесса и плодородие почвы.

Для регулирования теплового режима почв проводятся различные мелиоративные приемы в зависимости от почвенно-климатических и погодных условий и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

К приемам регулирования теплового режима почв в северных зонах относятся рыхление поверхностного слоя, глубокая обработка почвы с рыхлением подпахотного слоя, гребневые и грядковые посевы. В овощеводстве в качестве биотоплива вносят навоз, компосты (для улучшения температурного режима), а в теплицах производится искусственный обогрев паром или горячей водой, пускаемой по трубам на глубине 40—70 см.

В аридных зонах приемы направлены на понижение температуры почвы. К таким приемам относятся затенение почвы растительным покровом, например, посев кулис из высокостебельных растений, лесных массивов, полезащитных лесных полос.

Эффективно мульчирование поверхности почвы соломой, мульчбумагой, полихлорвиниловой пленкой, торфом. Мульчирование светлоокрашенными материалами увеличивает альбедо и ослабляет нагревание почвы, способствуя минимизации испарения.

Регулирование теплового режима почвы зимой проводят снегозадержанием с помощью кулис, лесных полос, оставления высокой стерни, установки щитов, формирования снежных валов. Снежный покров сохраняет тепло в почве, предохраняет ее от глубокого промерзания и сильного понижения температуры.

Для количественной характеристики теплообеспеченности почв учитывают сумму активных температур в почве на глубине 20 см за период вегетации растений. Для оценки суровости зимних условий определяют сумму отрицательных температур на глубине 20 см, глубину и длительность промерзания почв. По этим параметрам выделяют следующие почвы: теплые, умеренно теплые, умеренно холодные, холодные, длительно сезоннопромерзающие и мерзлотные.

По сумме активных температур ($>10^{\circ}\text{C}$) в почве на глубине 20 см за период вегетации растений В. Н. Димо предложены следующие показатели теплообеспеченности почв:

Сумма активных температур почвы на глубине 20 см, $^{\circ}\text{C}$	Теплообеспеченность почв
1200—1600	Ниже средней
1600—2100	Средняя
2100—2700	Выше средней
2700—3400	Хорошая
3400—4400	Весьма хорошая
4400—5600	Высокая

7.6. Почвенный раствор и окислительно-восстановительные процессы в почве

Почвенным раствором называют жидкую фазу почвы. В нем содержатся газы (O_2 , CO_2 , N_2 , NH_3 и др.), анионы минеральных соединений (NCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}), катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , H^+). В дерново-подзолистых почвах могут содержаться катионы Al^{3+} , Fe^{3+} , в заболоченных почвах — Fe^{2+} .

В почвенном растворе содержатся водорастворимые органические вещества, продукты жизнедеятельности микроорганизмов и растений — органические кислоты, аминокислоты, сахара, спирты, ферменты и другие вещества полуразложения органических остатков, а также гумусовые кислоты.

Содержание минеральных и органических веществ в почвенном растворе значительно колеблется. В болотных, подзолистых почвах и в солонцах в растворах органические вещества преобладают над минеральными, в черноземах содержание органических и минеральных компонентов примерно равно.

Состав и свойства почвенного раствора оказывают большое влияние на процесс почвообразования, разрушение и синтез минеральных и органических соединений, их перемещение по профилю почв, а также на питание микроорганизмов и растений.

Огромное влияние на живую фазу почвы оказывает реакция почвенного раствора. Для большинства культурных растений и почвенных микроорганизмов оптимальной реакцией почвенного раствора является нейтральная или слабокислая ($pH_b = 6,4-7,0$). Некоторые культурные растения (рожь, овес, картофель, лен, люпин, табак, чайный куст) переносят более кислую среду (до $pH_b = 4,5$). Сильнокислая или сильнощелочная реакция почвенного раствора оказывает отрицательное влияние на рост и развитие растений, нарушает процесс поглощения элементов питания и приводит к гибели растений.

На поступление воды в растения решающее влияние оказывает осмотическое давление почвенного раствора. Осмос (от греч. *osmos* — давление) — односторонняя диффузия растворителя через полупроницаемую перегородку (мембрану), отделяющую раствор от растворителя. Осмос обусловлен стремлением системы к выравниванию концентраций раствора по обе стороны мембраны. Осмотическое давление зависит от concentra-

ции почвенного раствора и степени диссоциации растворенных веществ. Если концентрация почвенного раствора равна или выше концентрации клеточного сока, то поступление воды в растения прекращается, происходит их обезвоживание и они погибают.

Высокое осмотическое давление почвенного раствора характерно для засоленных почв. Например, в солонце столбчатом в горизонте B_2 осмотическое давление почвенного раствора достигает $6,38 \cdot 10^5 \text{ Па}^1$ (6,3 атм), а в солончаке мокром — $13,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (13,4 атм).

Осмотическое давление почвенного раствора зависит от влажности почвы, при ее уменьшении оно возрастает.

Почвенный раствор оказывает огромное влияние на окислительно-восстановительные процессы в почве, на почвообразование и плодородие. Окислительно-восстановительные реакции в почве большей частью связаны с деятельностью микроорганизмов, активность которых зависит от состава и свойств почвенного раствора.

Интенсивность и направленность окислительно-восстановительных процессов в почве зависят от увлажнения и аэрации, содержания органических веществ и температуры. Основным окислителем в почве является кислород почвенного воздуха и почвенного раствора. При снижении аэрации в почве в результате ее уплотнения или сильного увлажнения, близкого к полной влагоемкости почвы, резко уменьшается интенсивность окислительных процессов, замедляется разложение растительных остатков. В условиях недостатка кислорода начинают преобладать восстановительные процессы, способствующие образованию подвижных форм органических веществ, переходу гумуминовых кислот в фульвокислоты, образованию закисных соединений железа, подвижного марганца (Mn^{2+}), оглеению. В анаэробных условиях развивается денитрификация, сопровождающаяся потерями азота из почвы в газообразной форме (N_2 , N_2O , NO).

Изменение воздушного, водного и температурного режимов и микробиологической активности в почве по сезонам года определяют окислительно-восстановительный режим, т. е. соотношение окислительно-восстановительных процессов в почвенном профиле в годичном цикле почвообразования.

¹ $1 \text{ Па} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$

Выделяют четыре типа окислительно-восстановительного (ОВ) режима в почвах.

1. Почвы с абсолютным преобладанием окислительных процессов (автоморфные почвы степей, полупустынь — черноземы, каштановые, сероземы, бурые и др.).

2. Почвы с преобладанием окислительных процессов при возможном проявлении восстановительных условий в некоторые сезоны или годы (автоморфные почвы таежно-лесной зоны, влажных субтропиков).

3. Почвы с переменным контрастным окислительно-восстановительным режимом (полугидроморфные почвы разных зон). Этот тип ОВ-режима характерен для почв с временным избыточным увлажнением, например, подзолистых, дерново-подзолистых, бурых лесных и др.

4. Почвы с устойчивым преобладанием восстановительных процессов — болотные и гидроморфные солончаки.

Глава 8

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

Под плодородием почв следует понимать их способность удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, тепле, воздухе и благоприятной физико-химической среде. В этом определении заложен большой смысл, так как плодородие зависит от процесса почвообразования, связано с превращением и аккумуляцией веществ, составом, свойствами и режимами почв, которые определяются факторами почвообразования.

В определении плодородия почв перечислены факторы жизни растений — тепло, вода, элементы питания, воздух и благоприятная физико-химическая среда, включающая солевой режим, осмотическое давление, реакцию почвенного раствора, водный, воздушный, биохимический, окислительно-восстановительный режимы, отсутствие токсических веществ и др.

Для формирования высокого уровня плодородия все параметры состава, свойств и режимов почв должны быть оптимальными для роста и развития растений. Уровень плодородия почв зависит от показателей почвенных режимов: водно-воздушного, температурного, питательного, физико-химического, биохимического, солевого и окислительно-восстановительного. А эти показатели режимов определяются климатическими условиями, агрофизическими свойствами почв, их химическим и гранулометрическим составом, запасами элементов питания растений, содержанием гумуса, интенсивностью микробиологических процессов и другими факторами.

В предыдущих главах были отмечены оптимальные показатели состава, свойств и режимов почв. Более благоприятные свойства и режимы в условиях средней полосы России формируются на легких среднесуглинистых почвах. При хорошей оструктуренности и гумусности лучшими будут тяжелосуглинистые и глинистые почвы, например черноземы.

Выделяют лучшие уровни содержания гумуса в горизонте А: очень высокое — $>10\%$; высокое — $10\text{--}6\%$, среднее — $6\text{--}4\%$. Оптимальный уровень — 7% .

Обеспеченность растений минеральными элементами зависит от их валового содержания в почве и количества доступных форм, от интенсивности биологической аккумуляции и интенсивности биологического круговорота веществ. Оптимальными параметрами обеспеченности растений доступными формами азота, фосфора и калия считаются: для нитратного азота в слое $0\text{--}20$ см перед посевом >20 мг/кг (для почв Западной Сибири по Г. П. Гамзикову, 1982); для подвижных форм фосфора (P_2O_5) — $15\text{--}20$ мг/100 г почвы (в черноземах по Ф. В. Чирикову); для обменного калия (K_2O) — 18 мг/100 г почвы (по методу Ф. В. Чирикова).

Благоприятные условия для питания растений создаются при преобладании в составе обменных катионов ППК кальция Ca^{2+} и других катионов, необходимых для растений. Например, в черноземе типичном в пахотном горизонте катионы Ca^{2+} составляют 39 мг · экв, Mg^{2+} — 6 мг · экв на 100 г почвы. В составе обменных катионов отсутствуют H^+ и Al^{3+} .

Реакция почвенного раствора оптимальна для большинства культурных растений, когда она составляет $pH_b = 6,4\text{--}7,0$.

Теплообеспеченность почв должна быть хорошей или весьма хорошей с суммой активных температур на глубине $0,2$ м $3400\text{--}4400^\circ C$.

Осмотическое давление почвенного раствора является оптимальным для большинства культурных растений в пределах $2,0 \cdot 10^5\text{--}3,0 \cdot 10^5$ Па ($2\text{--}3$ атм.).

Оптимальным уровнем влагообеспеченности растений является содержание влаги в почве около 60% ПВ, $70\text{--}80\%$ НВ. Тип водного режима должен быть периодически промывным или непромывным.

Благоприятный воздушный режим формируется при общей пористости для суглинистых и глинистых почв, равной $55\text{--}65\%$, при этом капиллярная пористость должна составлять более половины общей. Плотность почв является оптимальной в пределах $1,0\text{--}1,2$ г/см³. Благоприятными должны быть и физико-механические свойства почв: липкость, набухание, усадка, связность и пр.

Биохимический режим почв является оптимальным при поступлении органических веществ (главным образом высших растений), их разложении микроорганизмами, обуславливающими процессы минерализации и гумификации, мобилизацию элементов питания в доступные для растений формы.

Оптимальные условия для питания растений складываются при абсолютном преобладании окислительных процессов в почвах.

Большое влияние на плодородие оказывает фитосанитарное состояние почв, отсутствие вредителей, возбудителей болезней растений и токсических веществ.

Такой комплекс оптимальных параметров состава, свойств и режимов в почвах встречается в природных условиях очень редко. Очень часто в почвах складываются неблагоприятные условия в результате сложного взаимодействия и взаимовлияния факторов почвообразования. Встречаются почвы с обедненным химическим составом, низким содержанием гумуса, невысокой емкостью обмена, низкой насыщенностью основаниями, кислой реакцией и малой буферностью. Например, подзолистые почвы таежных хвойных лесов с промывным водным режимом. Слабая степень разложения органических веществ, образование торфа, неблагоприятные физические свойства (низкая плотность, высокая влагоемкость, малая водопроницаемость и теплопроводность, кислая реакция) складываются в болотных почвах при застойном водном режиме. Неблагоприятный солевой режим, щелочная реакция, отрицательные водно-физические и физико-механические свойства характерны для засоленных почв.

8.1. Виды плодородия почв

Выделяют четыре вида плодородия почв:

1. Природное.
2. Искусственное.
3. Эффективное.
4. Потенциальное.

Природное или естественное плодородие обусловлено развитием природного почвообразовательного процесса без вмешательства человека. Такое плодородие свойственно целинным почвам и определяется продуктивностью природных ценозов.

Искусственное плодородие создается человеком путем внесения удобрений, мелиорации, обработки почвы и других приемов. Без природного влияния искусственное плодородие создается человеком в теплицах, камерах искусственного климата, парниках.

Эффективное, или экономическое плодородие создается человеком на фоне природного плодородия в процессе сельскохозяйственного использования почв. Оно определяется урожаем выращиваемых культур и представляет совокупность природного и искусственного плодородия.

Потенциальное плодородие характеризуется показателями состава, свойств и режимов почв, которые могут обеспечивать растения элементами питания, водой, воздухом, теплом длительное время и поддерживать высокий уровень эффективного плодородия. Например, высоким потенциальным плодородием обладают черноземы. В основе потенциального находится природное плодородие, но в процессе длительного перспективного использования в земледелии оно осуществляется при вмешательстве человека. Например, на черноземных почвах при недостаточном обеспечении водой получают низкие урожаи. При организации орошения эти почвы способны длительное время обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Болотные низинные торфяные почвы после осушительных мелиораций способны обеспечивать высокие урожаи длительное время, т. е. они обладают высоким потенциальным плодородием.

8.2. Воспроизводство почвенного плодородия

Плодородие формируется в процессе длительного почвообразования. Создающееся плодородие улучшает условия для жизнедеятельности микроорганизмов, роста и развития высших растений, увеличивается поступление органических веществ, усиливается процесс гумификации. В благоприятных условиях происходит постоянное воспроизводство почвенного плодородия, это объективный закон почвообразования. Только в неблагоприятных или экстремальных условиях сформированное природное плодородие может быть уничтожено частично или полностью, например, при развитии ветровой и водной эрозии, при

подъеме уровня грунтовых вод или сильном засолении. Известно разрушение почв от четвертичного оледенения и ледниковых вод в северных областях Евразии и Северной Америки.

При сельскохозяйственном использовании почв, действии природных и антропогенных факторов происходит культурный почвообразовательный процесс, который развивается под направленным воздействием человека. Происходит замена природной растительности культурными видами, обрабатывается почва, вносятся удобрения, проводится осушение или орошение и т. д. При грамотном научно обоснованном земледелии происходит систематическое повышение почвенного плодородия. При низкой культуре земледелия, экстенсивном использовании почв происходит снижение эффективного плодородия за какой-то период времени, например, за ротацию севооборота.

Если плодородие почвы в процессе использования стало ниже первоначального, то это означает неполное воспроизводство почвенного плодородия. Если оно осталось на уровне исходного, то это означает простое его воспроизводство. Повышение почвенного плодородия означает расширенное воспроизводство плодородия. Нужно поддерживать бездефицитный баланс органического вещества в почвах.

В условиях интенсивного земледелия необходимо рационально использовать почвы, обеспечивать расширенное воспроизводство почвенного плодородия, повышать эффективное и потенциальное плодородие для получения высоких урожаев выращиваемых культур с хорошим качеством.

Для повышения плодородия необходимо улучшение показателей состава, свойств и режимов почв до оптимальных значений. В первую очередь нужно воздействовать на те свойства и режимы, которые находятся в минимуме и ограничивают эффективность остальных показателей. В засушливых зонах в минимуме находится обеспечение растений водой, поэтому здесь нужно в первую очередь проводить мероприятия по накоплению и рациональному использованию почвенной влаги. На почвах, бедных элементами питания, нужно вносить удобрения. При избыточном увлажнении почв в первую очередь необходимо регулировать водный и воздушный режимы.

После улучшения фактора, находящегося в минимуме, и доведения его до оптимальных показателей нужно воздействовать на все остальные факторы и улучшать их до оптимальных значений в конкретных условиях.

Основными приемами повышения эффективности плодородия почв являются применение органических и минеральных удобрений, орошение или осушение, известкование кислых и гипсование засоленных почв, выбор оптимальных систем обработки, освоение севооборотов, создание полезащитных лесных полос, выращивание многолетних бобовых трав, мероприятия по борьбе с ветровой и водной эрозией, внедрение высокоурожайных сортов и гибридов культурных растений.

Система этих приемов по улучшению плодородия почв зависит от типов почв и требований выращиваемых культур в конкретных условиях. Системы приемов повышения плодородия почв применительно к конкретным условиям подробно рассматриваются в курсах специальных дисциплин — агрохимии, земледелия, растениеводства, сельскохозяйственной мелиорации и др.

Глава 9

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

Формирование почв есть результат длительного сложного взаимодействия и взаимовлияния факторов почвообразования. На земной поверхности существует большое разнообразие сочетаний факторов почвообразования, которое обуславливает разнообразие почвенных типов. Для проведения почвенного обследования, успешного изучения и рационального использования большого разнообразия почв необходима их группировка по признакам и свойствам, возникшим в одинаковых условиях почвообразования, т. е. необходима их строгая научная классификация.

Классификацией почв называют их объединение в группы по происхождению, важнейшим свойствам и особенностям плодородия.

Основой построения современных классификаций является генетический принцип, разработанный русскими почвоведом В. В. Докучаевым и Н. М. Симбирцевым. По этому принципу состав, свойства и режимы почв рассматриваются как результат процессов почвообразования в конкретных биоклиматических условиях. Современная классификация учитывает признаки и свойства почв, приобретенные в результате хозяйственного использования, способствует рациональному использованию почв в сельском хозяйстве.

В нашей стране официальным документом была «Классификация и диагностика почв СССР» (1977), в основе которой лежали эколого-генетические принципы. По этой классификации была принята следующая система таксономических единиц: тип — подтип — род — вид — разновидность — разряд. За основную единицу классификации был принят генетический тип почв.

Генетический тип — это большая группа почв, развивающихся в однотипно-сопряженных биологических, климатиче-

ских и гидрологических условиях на определенной группе почвообразующих пород. Характерными чертами почвенного типа являются следующие.

1. Однотипность поступления органических веществ, процессов их разложения и превращения.

2. Однотипный комплекс процессов разложения минеральных веществ, синтеза новых минеральных и органо-минеральных соединений.

3. Однотипный характер миграции и аккумуляции веществ.

4. Однотипное строение почвенного профиля.

5. Однотипность почвенных режимов.

6. Однотипность мероприятий по повышению почвенного плодородия.

Подтипы — группы почв в пределах типа, отличающиеся по процессам почвообразования и являющиеся переходными ступенями между типами. Отличия подтипов почв обусловлены подзональными и фациальными особенностями природных условий их формирования. Критериями выделения подзональных подтипов являются особенности строения почвенного профиля (мощность горизонтов, характер их выраженности и другие признаки). Например, тип черноземы делится на подтипы: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные. Черноземы оподзоленные лесостепной зоны в гумусовом слое имеют остаточные признаки воздействия подзолистого процесса в виде белесой присыпки. Гумусовый профиль оподзоленных черноземов серой окраски в горизонте А и светлее в горизонте В₁.

Черноземы выщелоченные в горизонте А имеют темно-серую или черную окраску с зернистой или зернисто-комковатой структурой. Гумусовый профиль достигает мощности 70—80 см. Характерной особенностью выщелоченных черноземов является наличие под горизонтом В₁ выщелоченного от карбонатов горизонта В₂.

Черноземы типичные лесостепной зоны имеют глубокий гумусовый профиль до 120 см и содержат в нем карбонаты в виде мицелия или известковых трубочек. У черноземов обыкновенных степной зоны мощность гумусового слоя 65—30 см. У черноземов южных мощность гумусового слоя составляет 45—60 см. Горизонт А темно-бурой окраски, часто с коричневым оттенком.

Род почвы выделяют в пределах подтипа по особенностям строения профиля, свойствам и режимам, обусловленным составом

вом почвообразующих пород, химизмом грунтовых вод и др. Например, чернозем выщелоченный образуется на породах, бедных силикатным кальцием, вскипание карбонатов в профиле почвы отсутствует.

Виды почв выделяют в пределах рода по степени развития почвообразовательного процесса (степени оподзоленности, засоленности, содержанию гумуса и др.). Например, чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный (6—4 %).

Разновидность почвы определяется по гранулометрическому составу ее верхних горизонтов. Например, чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный среднесуглинистый.

Разряды почв выделяют по литологии и генетическим свойствам почвообразующих пород, например, тяжелый лессовидный суглинок, ледниковые, или моренные отложения, аллювиальные породы и др.

Полное название почвы начинается с типа, затем указывают подтип, род, вид, разновидность и разряд. Каштановая — тип почвы; темно-каштановая, умеренно теплая, промерзающая — термины подтипа; карбонатная — род; среднемощная, среднегумусная (4—5 %) — вид; легкосуглинистая — разновидность; на лессовидном карбонатном суглинке — разряд почвы.

Группой почвоведов Почвенного института им. В. В. Докучаева, ВАСХНИЛ под руководством академика Л. Л. Шишова усовершенствована классификация почв России, разработаны новые принципы классификации, список типов почв и надтиповых группировок. В 2004 г. вышло издание «Классификация и диагностика почв России». Авторы и составители этого издания Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Под общей редакцией академика РАН, профессора Г. В. Добровольского.

В основе новой классификации лежат субстантивно-генетические принципы, для нее разработана система генетических признаков выделения почвенных подтипов. Наряду с общей классификацией естественных почв разработана классификация антропогенно-преобразованных почв. В этой классификации обобщены практические достижения западно-европейских и американских почвоведов.

В «Классификации...» (2004) принята следующая система таксономических единиц: стволы — отделы — типы — подтипы — роды — виды — разновидности — разряды. Сохраняется традиционный таксономический ряд единиц ниже типа. В сис-

тему дополнительно введены две надтиповые категории: **стволы** и **отделы**.

Ствол — высшая таксономическая единица, включающая почвы с одинаковым соотношением процессов почвообразования и накопления осадков. Стволы разграничивают органо-генные и органо-минеральные почвы.

Выделены три ствола: *постлитогенные*, *синлитогенные* и *органо-генные* почвы. В постлитогенных почвах почвообразовательный процесс развивался на сформированной минеральной почвообразующей породе без привноса свежего материала.

В синлитогенных почвах почвообразовательный процесс происходил одновременно с осадконакоплением, с преобладанием осадконакопления в почвообразовании.

В органо-генных почвах профиль состоит в основном из торфа различной степени зольности.

Стволы включают отделы. *Отдел* — группа почв с одинаковыми основными процессами почвообразования, которые формируют главные черты почвенного профиля. Отдел объединяет почвы по сходству средней части профиля, срединным горизонтам. Например, типы отдела глеевых почв объединяются по глеевому горизонту.

Отделы делятся на типы. *Тип* по новой классификации определяется: «Основная таксономическая единица в пределах отделов, характеризующаяся единой системой основных генетических горизонтов и общностью свойств, обусловленных сходством режимов и процессов почвообразования».

Подтип «Таксономическая единица в пределах типа, отличающаяся качественными модификациями основных генетических горизонтов, которые отражают наиболее существенные особенности почвообразовательных процессов и эволюции почв».

В новой классификации для выделения подтипов не используют количественные показатели, которые в «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) были разделительными признаками при выделении подтипов почв.

Определение рода: «Таксономическая единица в пределах подтипа, определяемая степенью насыщенности почвенного поглощающего комплекса, присутствием в профиле карбонатов, гипса и химизмом засоления».

Принципы выделения видов, разновидностей и разрядов по новой классификации идентичны с «Классификацией и диагно-

стикой почв СССР» (1977), но предложены более общие критерии их идентификации. Пример полного названия почвы:

СТВОЛ: ПОСТЛИТОГЕННЫЕ ПОЧВЫ

Отдел: Аккумулятивно-гумусовые почвы

Тип: черноземы глинисто-иллювиальные

Подтип: типичные

Род: насыщенные

Вид: среднемощные глубококарбонатные

Разновидность: среднесуглинистые

Разряд: на лессовидных суглинках

В «Классификации и диагностике почв России» (2004) изложены критерии разделения почв на роды, виды, разновидности и разряды. В субстантивно-генетической (профильной) классификации, таксономические единицы которой определяются особенностями строения почвенного профиля, усовершенствована система генетических горизонтов А — В — С, применявшаяся в эколого-генетической классификации почв СССР (1977). Вместо ландшафтных и режимных показателей почвенной классификации введены субстантивные критерии диагностики генетических горизонтов, разработана система индексации. Приведены следующие диагностические горизонты и их признаки.

Естественные горизонты

Гумусовые и органогенные горизонты

АУ — Серогумусовый (дерновый). Серый или буровато-серый, имеет непрочную комковато-порошистую структуру, содержит в верхних 10 см до 4—6 % (иногда до 7—8 %) гумуса, в составе которого отчетливо преобладают фульвокислоты ($C_{гк}/C_{фк}$ всегда <1). Может иметь примесь слаборазложившихся растительных остатков, за счет чего общее содержание органического вещества может достигать 15 %. Насыщенность основаниями <80 %. Реакция кислая или слабокислая. Обычны признаки элювиирования в виде отмытых зерен минералов и перераспределения (сегрегации) железа.

Характерен для почв таежных и тундровых ландшафтов с гумидным климатом.

АJ — Светлогумусовый. Светло-серый или палево-серый, имеет жесткую комковатую структуру 2-го порядка, состоящую

из мелкокомковатых прочных отдельностей, и компактное жение. Слабо переработан почвенной мезофауной. Содержит в верхних 10 см менее 5 % гумуса. В его составе соотношение $C_{гк}/C_{фк}$ ближе к 1. Насыщен основаниями, часто содержит карбонаты, не оформленные в новообразования. Реакция от щелочной до нейтральной.

Характерен для почв сухостепных и полупустынных ландшафтов с теплым аридным климатом.

AU — Темногумусовый. Темно-серый до черного с буроватым или коричневым оттенком и хорошо оформленной водопрочной комковатой, крупитчатой или зернистой структурой, часто коричневато-прогенной. Содержание гумуса превышает 5—6 % в верхних 10 см, состав гумуса от гуматного до фульватно-гуматного ($C_{гк}/C_{фк}$ всегда >1). Насыщен основаниями ($V > 80\%$). Реакция от слабокислой до слабощелочной.

Характерен для почв лесостепных и степных ландшафтов.

АН — Перегнойно-темногумусовый. Темно-серый до черного, иногда — с буроватым оттенком, структура непрочная, комковатая или комковато-крупитчатая. Содержание гумуса 10—25 % с любым соотношением гуминовых и фульвокислот. В горизонте содержатся растительные остатки разной степени разложения. Степень насыщенности основаниями и кислотность варьируют в широком диапазоне. Мощность обычно не более 30 см.

Характерен преимущественно для почв горных территорий с луговой растительностью.

AKL — Ксерогумусовый. Представляет собой парагенетическую ассоциацию коркового и подкоркового подгоризонтов. Корковая часть горизонта представлена прочной, компактной, пористой (вплоть до ноздреватого или ячеистого сложения) корочкой мощностью до 4—7 см, имеющей светло-серый, буровато-серый или палевый цвет. Содержание гуматно-фульватного или фульватного гумуса колеблется от 0,3 до 2 %. Карбонатов мало или они отсутствуют. Подкорковая часть горизонта мощностью 4—10 (15) см имеет светло-серую окраску, рыхлое сложение, слоеватое-чешуйчатую, реже непрочную комковатую структуру; может отличаться от корковой части горизонта большим содержанием гумуса и ила.

Характерен для почв полупустынных (и пустынных) ландшафтов.

АК — Криогумусовый. Каштановый, бурый или красновато-бурый. Серые тона, характерные для всех других аккумулятивно-гумусовых горизонтов, отсутствуют. Структурная организация не выражена или проявляется слабо. При мощности 15—30 см дифференцирован по содержанию гумуса, которое в верхнем, насыщенном корнями десятисантиметровом слое достигает 3—7 %, а у нижней границы снижается до 1—3 %. Состав гумуса гуматно-фульватный или фульватный, характеризуется низкой степенью гумификации гумусовых веществ и высоким (до 40—50 %) содержанием нерастворимого остатка как результата денатурации новообразованных органических кислот. Отличается слабой биологической активностью. Может содержать карбонаты. Характеризуется насыщенностью основаниями и слабощелочной или нейтральной реакцией среды.

Формируется в степных и тундрово-степных ландшафтах в условиях ультраконтинентального аридного климата и присутствия мерзлоты.

W — Гумусово-слаборазвитый. Представляет гумусовые аккумуляции мощностью менее 5 см, часто насыщен живыми корнями. Выделяется как типодиагностический горизонт в почвах, не имеющих других диагностических горизонтов. В случае, когда горизонт **W** развивается в пределах агрогоризонтов почв, имеющих сформированный профиль и в настоящее время не используемых в земледелии, он рассматривается как признак, служащий основанием для выделения реградированного подтипа.

RU — Стратифицированный темногумусовый. Серый или темно-серый, сложен из сортированного, часто агрегированного гумусированного материала, который не организован в более сложные структурные отдельности. Горизонт имеет мощность более 40 см и представляет собой слабо преобразованную монотонную, визуально однородную толщу, для которой характерна тенденция к горизонтальной делимости как следствие стратификации материала. Допускается гранулометрическая слоистость, а также слоистость по размеру агрегатов или гумусности. Содержание гумуса превышает 3—3,5 %, в пределах горизонта не меняется или незакономерно меняется по слоям; постепенного уменьшения с глубиной, характерного для темногумусового горизонта, не прослеживается.

RY — Стратифицированный серогумусовый. Светло-серый или серый с оттенками бурого или палевого цветов. Характери-

зуются содержанием гумуса в количестве менее 3—3,5 %, неоднородностью материала и слоистостью. Имеет кислую или слабокислую реакцию, поглощающий комплекс не насыщен основаниями.

RJ — Стратифицированный светлогумусовый. Светло-серые с оттенками бурого или палевого цветов. Отличается от серого гумусового стратифицированного щелочной или нейтральной реакцией, насыщенностью поглощающего комплекса основаниями. Возможно присутствие карбонатов и, иногда, легкорастворимых солей.

АО — Грубогумусовый. Горизонт темно-бурого или темно-коричневого цвета, состоящий из грубого органического материала. Горизонт может быть представлен либо гомогенной механической смесью органического материала с минеральными компонентами, либо серией слоев, отражающих разные стадии преобразования органического материала: торфянистого, перегнойного, грубогумусового и гумусового. Гумусовые вещества нижней части горизонта обладают низкой степенью гумификации и очень широким отношением $C : N$ (15—25). В их составе велика доля нерастворимого остатка (до 70—80 %). Минеральные зерна обычно не имеют кутан. Общее количество органического вещества 15—35 %. Мощность горизонта превышает 10 см.

Н — Перегнойный. Темно-коричневый до черного, мажущейся консистенции (пачкает пальцы). Состоит из сильно разложившихся, утративших исходное строение растительных остатков (степень разложения $>50\%$). Содержание органического вещества $>25\%$ от массы горизонта. На протяжении большей части вегетационного периода находится во влажном состоянии. Мощность горизонта превышает 10 см.

О — Подстилочно-торфяной. Поверхностный горизонт, состоящий из органического материала разной степени разложения (не выше 50 %) и разного ботанического состава. Содержание органического вещества $>35\%$ от массы горизонта. Может иметь стратификацию по степени разложения органического материала. Мощность не превышает 10 см.

Т — Торфяной. Состоит из органического материала разной степени разложения (не выше 50 %) и разного ботанического состава. Содержание органического вещества, определяемое как потеря при прокаливании, более 35 % от массы горизонта. Фор-

мируется в условиях регулярного переувлажнения. Имеет мощность 10—50 см, подстилается минеральным горизонтом, оглененным или водонасыщенным. Выделяется в почвах постлитогенного и синлитогенного ствола.

ТО — Олиготрофно-торфяной. Формируется в верхней части торфяной толщи. Состоит преимущественно из остатков сфагновых мхов разной степени разложения, не превышающей 50 %, при содержании органического вещества >35 % от массы горизонта. Характеризуется светлой окраской, низкой (менее 6 %) зольностью и сильнокислой или кислой реакцией. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой. Имеет фиксированную мощность 50 см, постепенно переходит в органогенную породу.

ТЕ — Эутрофно-торфяной. Формируется в верхней части торфяной толщи. Состоит из остатков гигрофильной растительности любого ботанического состава, в которой сфагновые мхи не доминируют. Степень разложения не превышает 50 %, но, как правило, большая, чем в олиготрофно-торфяном горизонте. Содержание органического вещества >35 % от массы горизонта. Характеризуется темной окраской и высокой (6—18 %) зольностью, реакция колеблется от кислой до нейтральной. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой. Имеет фиксированную мощность 50 см, постепенно переходит в органогенную породу.

ТJ — Сухоторфяной. Состоит из остатков мезофильных растений разной степени разложения, не превышающей 50 %, при содержании органического вещества >35 % от массы горизонта. Формируется в мезоморфных условиях. В пределах 1 м подстилается неглеевым минеральным горизонтом или плотной, реже дырчатой неглеевой породой.

Элювиальные горизонты

Е — Подзолистый. Белесый до белого, что связано с отсутствием красящих пленок на минеральных зернах. Чаще всего имеет легкий (песчаный и супесчаный) гранулометрический состав. Бесструктурный или со слабовыраженной комковатой структурой. Имеет сплошное залегание и контрастно выделяется в профиле по цвету. Для горизонта характерно разрушение минералов всех гранулометрических фракций, в результате чего минераль-

ная масса обеднена полуторными оксидами (или только оксидами железа). Содержание илистой фракции в подзолистом горизонте может быть как меньше, так и больше по сравнению с нижележащими горизонтами и породой. Реакция среды кислая и сильнокислая. Насыщенность основаниями $< 50\%$. Мощный горизонт более 2 см. Наиболее характерен для альфегумусов почв.

EL — Элювиальный. Наиболее светлый в профиле, часто сероватым, палевым или буроватым оттенками. По гранулометрическому составу не легче супесчаного. Почвенная масса организована в субгоризонтальные структурные отдельности (плитчатая, слюеватая, чешуйчатая, листоватая структура). Обычна хроматическая дифференциация субгоризонтальных отдельностей (нижние поверхности темнее верхних), а также сегрегация соединений железа и марганца в конкреции. В отличие от подзолистого горизонта, в элювиальном горизонте происходит селективное разрушение преимущественно тонких гранулометрических фракций. Масса горизонта обеднена по сравнению с нижележащей толщей не только полуторными оксидами, но и илистой фракцией. Реакция среды варьирует от сильнокислой до нейтральной.

Характерен для текстурно-дифференцированных почв.

AEL — Гумусово-элювиальный. Белесовато-серый или серый с гнездами белесого материала. Как правило, структура комковатая с тенденцией к горизонтальной делимости. Обеднен илом и полуторными оксидами по сравнению с нижележащим горизонтом; содержит 1—2 % гумуса, в составе которого отношение $C_{гк}/C_{фк}$ близко к 1. Реакция варьирует от слабокислой до близкой к нейтральной.

Является диагностическим при отсутствии горизонта EL в типах серых и темно-серых почв.

ELM — Элювиально-метаморфический. Светло-бурый с оттенками желтых, красноватых или палевых тонов, светлее среднего горизонта. Окраска связана с повышенным содержанием оксалоторастворимых форм оксидов железа, хотя признаки иллювиирования железа не диагностируются. Структура ореховато-комковатая. Слабо обеднен илом и полуторными оксидами по сравнению с нижележащим горизонтом. Содержит до 1,5 % гумуса, в составе которого преобладают гумусовые соединения, связанные с железом. Реакция варьирует от слабокислой до нейтральной.

является диагностическим для типа текстурно-метаморфических почв.

BEI — Субэлювиальный. Состоит из комбинации светлых и бурых, иногда темных, фрагментов, различающихся по сложности, гранулометрическому составу и структуре. Белесые фрагменты легче по гранулометрическому составу, бесструктурные или имеют тенденцию к горизонтальной делимости. Более темные суглинисто-глинистые фрагменты сохраняют элементы ореховатой структуры, свойственной текстурному горизонту. Представляет собой зону деградации (часто в виде чередования светлых языков и бурых пятен) верхней части текстурной толщи.

Характерен для отдела текстурно-дифференцированных почв и является диагностическим при разделении географически пограничных типов темно-серых почв и черноземов глинисто-иллювиальных.

Срединные горизонты

BHF — Альфегумусовый. Характеризуется наличием сплошных гумусово-железистых пленок на поверхности минеральных зерен или агрегатов, а также «мостиков», соединяющих песчаные частицы. Обогащен несиликатными формами полуторных оксидов и/или гумусом по сравнению с почвообразующей породой. В зависимости от преобладания соединений гумуса или железа в составе кроющих пленок горизонт окрашен соответственно в кофейно-коричневые тона (иллювиально-гумусовая модификация горизонта, обозначаемая как **BH**) или имеет желто-охристый цвет (иллювиально-железистая модификация горизонта, обозначаемая как **BF**). Эти модификации горизонта **BHF** служат основанием для выделения соответствующих подтипов альфегумусовых почв.

BT — Текстурный. Бурый или коричневато-бурый. По гранулометрическому составу практически всегда не легче среднесуглинистого. Имеет ореховато-призматическую многопорядковую структуру и обильные аккумулятивные многослойные пленки разного состава (глинистые, пылевато-глинистые, гумусово-глинистые, железисто-глинистые) на гранях структурных отдельностей, в связи с чем поверхности педов темнее внутripедной массы. Кутаны часто перекрываются светлыми песчано-пылевыми скелетами. Характерно существенное обогащение илом

(КД > 1,4) по сравнению с вышележащим горизонтом, а также полуторными оксидами.

ВІ — Глинисто-иллювиальный. Бурый или коричневатобурый, имеет хорошо выраженную педогенную ореховато-призматическую структуру, часто многопорядковую. В структурных отдельностях заметно различие в окраске: поверхность педов темнее внутripедной массы. Иллювирование тонкодисперсного материала проявляется в наличии тонких глинистых или гумусово-глинистых кутан по граням структурных отдельностей. Допускается ограниченное присутствие скелетан. Характерно отсутствие или слабое накопление илистой фракции (КД всегда < 1,4) по сравнению с вышележащим горизонтом. По структурной организации горизонт имеет черты сходства с текстурным, но в отличие от него существенно слабее проявляется иллювирование глины.

ВМ — Структурно-метаморфический. Выделяется по проявлению педогенной организации минеральной массы с образованием комковатой, ореховато-комковатой, как правило, однопорядковой структуры, представленной простыми округлыми педями. По сравнению с почвообразующей породой горизонт имеет более насыщенные бурые тона за счет присутствия красящих соединений железа в почвенной массе. Возможно повышенное содержание ила и несиликатных форм оксидов железа.

Наиболее характерен для почв, формирующихся на суглинисто-глинистых отложениях.

ВFM — Железисто-метаморфический. Бурый, ржавобурый или коричневатобурый за счет оксидов и гидроксидов железа. Они образуют автохтонные красящие пленки на поверхности щебня и песчаных зерен, а также заполняют трещины в них и пропитывают мелкоземистую массу, иногда способствуя формированию гранулированной структуры. В связи с этим цвет горизонта всегда интенсивнее цвета почвообразующей породы. Отличается от альфегумусового горизонта отсутствием аллохтонных пленок, темноокрашенных гумусовых соединений и вертикальной цветовой дифференциации. Мелкозем бесструктурный или непрочнo-комковатый.

Горизонт наиболее характерен для почв, формирующихся на щебнистом и дресвянистом супесчано-суглинистом элюво-делювии массивно-кристаллических пород и полиминеральных песках.

ВМК — Ксерометаморфический. Имеет коричневатого- или рыжевато-бурый (каштановый) или палево-бурый цвет, мелко-призмовидную структуру, обычно с горизонтальной делимостью. Структурные отдельности разного размера, с гранями, имеющими шероховатую матовую поверхность; кутаны иллювиирования и зеркала скольжения отсутствуют. Допускается цветовая дифференциация структурных отдельностей (поверхность педов окрашена темнее, чем внутрипедная масса). Горизонт плотный, с низкой порозностью, имеет компактное сложение, может быть обогащен илом по сравнению с вышележащим горизонтом. Содержит карбонаты без морфологически выраженных новообразований. Цвет горизонта связан с трансформацией железа в щелочной среде в условиях сухого жаркого континентального климата с коротким периодом увлажнения. Среди красящих форм железа преобладают малоугидратные оксиды.

Наиболее характерен для каштановых и бурых почв, а также солонцов.

CRM — Криометаморфический. Характеризуется тусклой серовато-бурой окраской, слабо отличающейся от почвообразующей породы. Основное отличие заключается в специфической рассыпчатой криогенной структуре, угловато-крупитчатой, овоидной (от лат. «ово» — яйцо) или гранулированной, иногда слоеватой. Во влажном состоянии структура творожистая, возможно проявление тиксотропности. Размер структурных отдельностей в основном колеблется в пределах 3—7 мм. В связи с преобладанием окислительных условий не оглеен, несмотря на длительное переувлажнение. От структурно-метаморфического горизонта отличается характером структуры и отсутствием ярких бурых тонов окраски.

Характерен для суглинистых почв холодных гумидных ландшафтов тундры и тайги.

BPL — Палево-метаморфический. Специфика горизонта проявляется в химизме тонких автохтонных железистых пленок на поверхности агрегатов и минеральных зерен. В составе пленок преобладают слабоокрашенные дегидратированные оксиды железа, извлекаемые вытяжкой Джексона, при низком содержании красящих оксалаторастворимых форм. В результате горизонт характеризуется невыразительной палевой или светло-бурой окраской, что отличает его от ярко окрашенных железисто-метаморфического и ксерометаморфического горизонтов.

По сравнению со структурно-метаморфическим, ксерометаморфическим и криометаморфическим горизонтами характеризуется слабой оструктуренностью.

Горизонт отражает специфику метаморфизма в условиях континентального крио-аридного климата.

CR — Криотурбированный. Представляет собой грязно-бурю или серовато-бурю бесструктурную или слабо оструктуренную массу, имеющую ясные признаки мерзлотных нарушений. Они проявляются во внедрении крупных блоков органического материала, в вихревом рисунке минеральной массы и погребенных фрагментов органогенных горизонтов, часто приуроченных к надмерзлотной части профиля, а также в насыщении минеральной массы диспергированными растительными и углистыми остатками. Имеет реакцию близкую к нейтральной. Переувлажнен, обычно тиксотропный, часть вегетационного периода находится в мерзлом состоянии.

Характерен для почв тундровых и таежных ландшафтов с неглубоким залеганием многолетней мерзлоты.

BAN — Охристый. Ярко-охристый, с икряной структурой в виде однопорядковых водопрочных округлых отдельностей размером 1—5 мм, покрытых органо-алюмо-железистыми оболочками. Свойства горизонта определяются минералогическим составом, который является продуктом трансформации пирокластических отложений. Для горизонта характерно явление псевдотиксотропии — выделения влаги при разминании структурных отдельностей, а также низкие значения плотности ($<1,0 \text{ г/см}^3$) при полевой влажности. Реакция варьирует от кислой до слабокислой. Содержит большое количество несиликатных (в основном оксалаторастворимых) форм оксидов железа (2—6 %), алюминия (10—15 %), кремнезема (4—7 %), а также свыше 10 % фульватного гумуса.

Характерен для почв территорий современного вулканизма.

ВСА — Аккумулятивно-карбонатный. Преимущественно палевый или буровато-палевый, наследующий цвет почвообразующей породы. Структура морфологически слабо оформлена, глыбистая или крупнокомковатая. Обязательно присутствие ясно выраженных карбонатных новообразований, обусловленных особенностями восходящей и нисходящей миграции почвенных растворов. Количество карбонатов в горизонте максимально по

сравнению с другими горизонтами профиля. Реакция среды нейтральная или слабощелочная.

Наиболее характерен для почв степных и сухостепных ландшафтов, но может формироваться в широком спектре почв, испытывающих сезонное увлажнение и пересыхание.

CAT — Текстурно-карбонатный. Отличается сочетанием свойств аккумулятивно-карбонатного и глинисто-иллювиального горизонтов. Содержит карбонаты с сегрегационными формами новообразований и имеет прочную хорошо выраженную призмовидно-ореховатую структуру с тонкими гумусово-глинистыми кутанами по граням отдельностей. Существенного накопления ила не обнаруживается (его содержание не более чем на 3—5 % выше по сравнению с вышележащим горизонтом). Палево-бурый, более темный по сравнению с почвообразующей породой, с вертикальными темными полосами, представляющими собой трещины, заполненные гумусовым материалом. Реакция среды нейтральная или слабощелочная.

Характерен для почв сухостепных и полупустынных ландшафтов.

BSN — Солонцовый. Коричневато-бурый или темно-серый. Плотный, имеет хорошо выраженную многопорядковую столбчатую или ореховато-призматическую структуру, прочную в сухом состоянии и неустойчивую при намокании. Структурные отдельности покрыты сплошными темными глянцевыми гумусово-глинистыми или глинистыми кутанами. Верхняя часть столбчатых отдельностей перекрыта обильной белесой скелетаной. Горизонт обогащен илом, характеризуется пептизацией глинистого материала и особой кинетикой набухания («ступенькообразная задержка набухания»). Имеет щелочную реакцию. Содержание обменного натрия колеблется в очень широких пределах и не служит диагностическим показателем.

V — Слитой. В зависимости от содержания гумуса окраска варьирует в диапазоне цветов — от оливково-бурого до черного. Очень плотный (плотность 1,3—1,6 г/см³); вязкий и пластичный во влажном состоянии, трещиноватый в сухом. Разбит трещинами на глыбистые или тумбовидные отдельности. Имеет поверхности скольжения протяженностью более 30 см при угле наклона 10—60°, создающие клиновидную структуру, содержит более 30 % ила, имеет высокую (40 мг-экв/100 г и более) емкость поглощения, нейтральную или слабощелочную реакцию.

Формируется в почвах переменного-влажного теплого климата на глинистых отложениях с высоким содержанием смектитового компонента.

TUR — Турбированный. Представляет собой толщу мощностью более 40 см, состоящую из легко различающихся по цвету, сложению и вещественному составу фрагментов почвенных горизонтов, утративших свое естественное залегание. Размер фрагментов исходных горизонтов и их долевое участие варьируют в широких пределах. Турбированный горизонт является результатом первичной глубокой вспашки, плантажирования и иных мелиоративных механических воздействий, применяемых главным образом при освоении солонцов.

Гидрогенные горизонты

C — Глеевый. В горизонте преобладают холодные тона окраски: сизые, зеленоватые или голубые, занимающие более 50 % площади вертикального среза горизонта. Присутствуют локальные ржавые и охристые пятна, тяготеющие к периферии горизонта, корневым ходам, макротрещинам и прочим зонам окисления. Бесструктурный, слабопористый, имеет компактное сложение. Характерен длительный период восстановительных условий, способствующих мобилизации и частичному выносу соединений железа. Реакция от кислой до нейтральной. В течение значительной части вегетационного периода насыщен водой.

Q — Гидрометаморфический. Характеризуется оливковыми, стальными или грязно-серыми (за счет прокраски потечным органическим веществом) тонами окраски. Цветовая гамма, свойственная глеевому горизонту, не наблюдается или выражена слабо. Присутствие в горизонте Mn-Fe конкреций свидетельствует о возможности кратковременных окислительных условий. Горизонт обычно имеет творожистую или крупитчатую структуру. Содержит карбонаты, возможно присутствие легкорастворимых солей и гипса. Карбонатные новообразования представлены пропиточными пятнами, затвердевшими натечками по магистральным трещинам и пустотам, твердыми конкрециями, связанными с периодическим переувлажнением. Реакция от нейтральной до слабощелочной.

Характерен для нейтральных и щелочных почв лесостепных, степных и сухостепных ландшафтов, испытывающих регулярное временное переувлажнение.

F — Рудяковый. Имеет охристый или кофейно-коричневый цвет и неоднородную окраску. Твердый, сцементированный оксидами железа (с участием гумусовых соединений, Mn и др.). Может встречаться в виде сплошной плиты или скоплений конкреций, занимающих более 50 % объема горизонта.

Характерен для аллювиальных почв грунтового увлажнения водами, богатыми соединениями железа и марганца.

ML — Мергелистый («луговой мергель»). Характеризуется сплошной карбонатной пропиткой с содержанием CO_2 , карбонатов более 30 %. Палево-белый или грязно-белый с сероватым или буроватым оттенками. Во влажном состоянии мягкий и непластичный, при высыхании твердеет. Является результатом гидрогенной аккумуляции карбонатов.

Характерен для аллювиальных почв грунтового увлажнения жесткими водами.

Галоморфные горизонты

SJ — Солончаковый светлый. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1 % и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Содержание гумуса меньше 2 %. Светлый, буроватый или палевый, на следует цвет почвообразующей породы. В сухом состоянии имеет солевую корку и/или солевые выцветы.

SU — Солончаковый темный. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1 % и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Темно-серый, содержание гумуса выше 2 %. В сухом состоянии имеет солевую корку и/или солевые выцветы.

SS — Солончаковый сульфидный. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1 % и более, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Имеет на поверхности солевую корку, ниже которой выделяется черная, иловатая прослойка с запахом сероводорода.

S — Солончаковый. Характеризуется наличием в верхнем слое почвенного профиля в пределах 20 см легкорастворимых (токсичных) солей в количестве 1 % и более, что исключает раз-

витие большинства растений, кроме галофитов. Может формироваться в профиле любой почвы, как правило, под воздействием антропогенных факторов.

Антропогенно-преобразованные горизонты

Горизонты сформировались в результате длительного распахивания и иных искусственных механических нарушений одного или нескольких естественных горизонтов, внесения органических и минеральных удобрений, мелиорантов и др. Отличаются от исходных естественных аналогов организацией почвенной массы и рядом физических и химических параметров. К этой же группе принадлежит горизонт, измененный в результате химического загрязнения,

P — Агрогумусовый. Светло-серый до серого, гомогенный. Бесструктурный либо содержит элементы комковатой, порошистой, глыбистой структур в разных соотношениях. Обычной составляющей частью горизонта является «плужная подошва», плотная, слабоводопроницаемая, с горизонтальной делимостью. Горизонт содержит до 3—3,5 % гумуса фульватного или гуматно-фульватного состава. Реакция может быть как кислой, так и щелочной. Возможно подразделение горизонта на слои по слоению и плотности. Может формироваться из серогумусового, светлогумусового или стратифицированных светло- и серогумусового горизонтов, а также образовываться в результате перемешивания (с последующей гомогенизацией) различных органо-генных горизонтов с материалом нижележащих минеральных горизонтов.

PU — Агротемногумусовый. Темно-серый, гомогенный. Структура грубая, жесткая, порошисто-комковато-глыбистая. Признаки копрогенности выражены слабо. В нижней части горизонта встречается «плужная подошва», переуплотненная и разбитая трещинами на угловатые отдельности. Горизонт содержит более 3 % гумуса, состав гумуса преимущественно гуматный. Реакция от слабокислой до щелочной. Формируется преимущественно при распаховании темногумусового горизонта, но может образовываться на месте перегнойного, темногумусового стратифицированного горизонтов, редко в результате проградации агрогумусового горизонта.

PB (PC) — Агроабразионный. В окраске преобладают бурые, коричневатые или красновато-бурые и палевые тона, гомоген-

ный. Бесструктурный или глыбистый. При увлажнении легко «заплывает» с последующим образованием плотной поверхностной корки. Содержит менее 1,5 % гумуса. Формируется за счет преобразования срединных горизонтов или почвообразующей породы абразированных почв. В агроабразионном горизонте, сформированном в результате абразии черноземов с изначально мощным гумусовым горизонтом, допускаются серые тона окраски и содержание гумуса до 3 %.

РТ — Агроторфяный. Темный, преимущественно темно-коричневый, слабосвязный, гомогенизированный. Имеет в основном высокую (но не более 50 %) степень разложения органического материала. Содержание органического вещества >35 % от массы горизонта. Имеет низкую влагоемкость. Образован из материала естественных торфяных горизонтов в результате искусственного осушения и освоения соответствующих почв.

PTR — Агроторфяно-минеральный. Темный, гомогенный с примесью минерального материала, с элементами комковатой структуры. Содержание органического вещества <35 % от массы горизонта. Образован из материала естественных торфяного или агроторфяного горизонтов в результате земледельческого освоения соответствующих почв с использованием глинования, пескования, известкования и внесения минеральных удобрений. Поступление минерального материала в горизонт также возможно за счет постепенного припахивания нижележащих минеральных горизонтов.

X — Химически-загрязненный. Любой горизонт в пределах верхнего 30-сантиметрового слоя, содержащий любые химические загрязнители в количестве, соответствующем чрезвычайно опасному уровню по принятым нормативам.

Составными разделами классификации являются номенклатура и диагностика.

Номенклатура (лат. *nomenclatura* — перечень, роспись имен) — перечень названий, терминов, категорий, употребляемых в отрасли науки, техники и др. Номенклатура в почвоведении — наименование почв в соответствии с их свойствами и классификационным положением.

Основоположники научной генетической номенклатуры почв В. В. Докучаев и Н. М. Симбирцев за основу терминов типов взяли русские народные названия почв, характеризующих окра-

ску верхних горизонтов: чернозем, подзол, краснозем, серые лесные, бурые почвы. Позднее были добавлены каштановые почвы, желтоземы, сероземы и др. В названиях учитывались особенности состава верхних горизонтов: солончак, солонец и др.

Для полного объективного названия почвы с терминами таксономических единиц нужна диагностика.

Диагностика (от греч. *diagnostikos* — способный распознавать) — учение о методах и принципах распознавания. Диагностика почв — определение совокупности морфологических признаков, показателей состава, свойств и режимов, по которым почвы могут быть отнесены к тому или иному классификационному подразделению.

Диагностика по морфологическим признакам — строение почвенного профиля, окраске отдельных горизонтов, их мощности, структуре и т. д. Для более точного определения типа почв проводят диагностику с помощью специальных анализов. Определяют содержание и состав гумуса, минеральный состав, содержание карбонатов, состав поглощенных оснований, содержание доступных для растений элементов питания, реакцию, емкость катионного обмена, физические свойства почвы и др.

Для диагностики определяют показатели водного, теплового, солевого, окислительно-восстановительного режимов почв.

Диагностика позволяет не только отнести почвы к таксономическому уровню, но и определить пригодность для использования в сельском хозяйстве и других сферах деятельности человека.

Географическое распространение почв определяется распределением природных условий на земной поверхности. Почвы образуются под влиянием различных природных факторов: климата, растительности, животного мира, рельефа и др. Важнейшее значение имеет климат, определяющий температурные условия и увлажнение почв. Факторы почвообразования изменяются на земной поверхности в определенной широтной и меридиональной последовательности, поэтому и географическое распространение типов почв соответствует этой закономерности.

В почвенном покрове выделены широтные почвенно-климатические пояса, обусловленные главным образом термическими особенностями климата. В направлении с севера на юг в Северном полушарии выделены пять климатических поясов: полярный, бореальный, суббореальный, субтропический и тропический. Каждому поясу соответствует свой ряд типов почв.

Впервые широтно-зональное распределение почв на Русской равнине изучил и научно обосновал В. В. Докучаев. Он установил, что при движении с севера на юг последовательно сменяют друг друга почвы тундр, подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые и бурые полупустынные.

В связи с тем что в пределах почвенно-климатических поясов формируются различные типы почв, отличающиеся по режиму атмосферного увлажнения и типам растительного покрова, в каждом поясе выделяют почвенно-биоклиматические области: влажные (экстрагумидные и гумидные) с лесным, таежным или тундровым растительным покровом; переходные (субгумидные и субаридные) со степным, ксерофитно-лесным растительным покровом; сухие (аридные и экстрааридные) с полупустынным и пустынным растительным покровом.

11.1. Тундровые глеевые почвы

Зона тундровых почв расположена южнее арктической, от Кольского полуострова на западе до Берингова пролива на востоке, а на юге граничит с таежно-лесной зоной. В тундровой зоне преобладающим зональным типом почв являются тундровые глеевые. Тундровые глеевые почвы имеют органогенный горизонт мощностью 5—30 см с разной степенью разложения органических веществ (от торфянистого до гумусового) и минеральный горизонт различной степени оглеения.

Почвообразующими породами являются ледниковые, морские и аллювиальные отложения. Характерной особенностью почвообразовательного процесса в зоне тундры является наличие многолетнемерзлых пород. За короткое лето верхний слой мерзлоты оттаивает на глубину от 30 до 100 см в зависимости от рельефа местности, гранулометрического состава почв и характера растительности. Почвы в долинах рек оттаивают на глубину до 2 м.

Тундра является безлесным пространством. Растительный покров разрежен, часто имеет очаговый характер. Преобладает мохово-лишайниковая растительность. Лишайники преобладают на каменистых почвах. Из кустарников встречаются черника, голубика, брусника, ерниковая растительность. На склонах южной экспозиции, по долинам рек и морскому побережью преобладают травянистые формации.

Растительность тундры имеет низкую продуктивность с небольшим ежегодным опадом (0,5—1,0 т/га). Неблагоприятный тепловой режим, слабая аэрация, низкая активность почвенной микрофлоры обуславливают замедленный темп разложения растительного опада и синтеза гумусовых веществ. Характерно на-

копление полуразложившихся растительных остатков в почве и на ее поверхности. В составе гумусовых веществ преобладают фульвокислоты ($C_{гк}/C_{фк} = 0,3-0,5$). В почвах тундры часто происходит оглеение из-за переувлажнения и заболачивания.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) преобладающими типами почв в тундре являются глееземы O-G-CG; торфяно-глееземы T-G-CG и глееземы криометаморфические O-G-CRM-C(g). Прописная буква (g) вслед за главной C означает наличие сизоватых или зеленоватых тонов окраски и охристо-ржавых пятен, свидетельствующих о перераспределении оксидов железа в условиях периодического переувлажнения. Глееземы, торфяно-глееземы и глееземы криометаморфизированные относятся к отделу глеевых почв постлитогенного ствола. Основными подтипами глееземов для северной части тундры являются типичные O-G-CG, грубогумусированные Oao-G-CG, перегнойные Oh-G-CG. Для тундры европейской части характерны глееземы оподзоленные O-Ge-G-CG. В тундре Западной Сибири более распространены глееземы криогенно-ожелезненные O-Gcf-G-CG. Глееземы имеют кислую реакцию, на карбонатных породах нейтральную или слабощелочную. Торфяно-глееземы T-G-CG с мощностью торфяного горизонта от 10 до 50 см распространены в мохово-кустарниковой тундре в мезо- и микропонижениях. По степени разложения органического материала выделяют подтипы торфяно-глееземов: типичные T-G-CG; перегнойно-торфяные Th-G-CG.

Тундровые пространства используются в качестве пастбищ для северного оленеводства. Пастбища расположены на мохово-лишайниковых и кустарниковых растительных формациях. Лишайниковые тундры используют как зимние пастбища, а травянистые, кустарниковые и приморские пастбища — летом.

В тундровой зоне выращивают овощи в теплицах и парниках. В открытом грунте теоретически возможно выращивание картофеля, лука, капусты, моркови и смешанных посевов корневых культур на зеленый корм для животноводства.

Для повышения плодородия почв тундры необходимо вносить высокие дозы органических удобрений (до 200 т/га). Органические удобрения и компосты улучшают пищевой и воздушный режимы почвы, повышают активность почвенных микроорганизмов. Совместно с органическими нужно вносить и минеральные удобрения. На глееземах с кислой реакцией необходимо проводить известкование.

11.2. Подзолистые почвы

Подзолистые почвы являются преобладающим типом почв в таежно-лесной зоне, занимают на территории РФ более 100 млн га. Они образуются под хвойными лесами без травянистой растительности или с моховым покрытием в условиях промывного водного режима. Термин «подзолистые почвы» предложил В. В. Докучаев. Это название происходит от русского слова «подзол». Дело в том, что цвет элювиального горизонта, выворачиваемого при вспашке, сильно напоминал золу — отсюда и народное название почв, позаимствованное учеными.

Развитие подзолистого процесса происходит при следующих условиях. Опад хвойных деревьев и мохово-лишайниковой растительности накапливается на поверхности почвы в виде лесной подстилки. Хвоя, мхи и лишайники содержат мало кальция, азота и очень много труднорастворимых микроорганизмами веществ (лигнин, воск, смолы, дубильные вещества). Такой состав опада разлагается преимущественно грибами. При разложении лесной подстилки накапливаются органические кислоты (лимонная, уксусная, щавелевая и др.). При малом содержании оснований в подстилке образуются фульвокислоты, более растворимая группа гумусовых соединений, обладающих кислотными свойствами. Кислые вещества попадают с водой в почву и взаимодействуют с минеральными соединениями.

При избыточном увлажнении, промывном водном режиме и действии кислых веществ происходит вымывание из верхних горизонтов почвы всех легкорастворимых веществ, прежде всего илистых минеральных частиц, а затем и устойчивых первичных и вторичных минералов. Разлагающиеся минералы попадают в почвенный раствор и перемещаются в нижние горизонты и грунтовые воды. Калий, натрий, кальций, магний вымываются в виде солей угольной и органических кислот, кремнезем в форме растворимых силикатов калия и натрия, сера в сульфатах. Железо и алюминий при оподзоливании перемещаются в форме органично-минеральных соединений.

Избыточное увлажнение почвы под лесом создает временно анаэробные условия, что приводит к образованию закисных легкорастворимых соединений железа и марганца и подвижных форм алюминия, которые вымываются из верхних горизонтов почвы. Часть вымываемых из лесной подстилки и верхних гори-

зонтов почвы веществ закрепляется в нижних горизонтах, и образуется горизонт вымывания (иллювиальный), обогащенный илистыми частицами, полуторными оксидами железа и алюминия, другая часть вымываемых веществ достигает грунтовых вод и выходит за пределы почвенного профиля.

В результате процессов разложения и вымывания растворимых веществ под лесной подстилкой формируется подзолистый горизонт. После выноса железа и марганца и накопления остаточного труднорастворимого кремнезема цвет подзолистого горизонта становится светло-серым или белесым, сходным с цветом печной золы.

Подзолистый горизонт беден элементами питания, полуторными оксидами и илистыми частицами, имеет кислую реакцию, низкую степень насыщения основаниями, становится бесструктурным или приобретает пластинчато-листовую структуру.

Таким образом, процессу оподзоливания свойственно разрушение первичных и вторичных минералов в верхней части профиля почвы и их перемещение в нижние горизонты, а также, частично, в грунтовые воды за пределы почвенного профиля.

Элювиальному процессу оподзоливания противостоит древесная растительность, которая поглощает из глубоких слоев азот и зольные элементы и частично возвращает их вместе с органическими веществами в лесную подстилку.

Высвобождающиеся при разложении лесной подстилки элементы питания вновь используются деревьями и вовлекаются в биологический круговорот.

Большое влияние на подзолистый процесс оказывает материнская порода. На карбонатных породах происходит нейтрализация образующихся кислых соединений углекислым кальцием породы и кальцием растительного опада. Катионы кальция и магния коагулируют органические соединения, гидроокиси железа, алюминия и марганца, предохраняют их от вымывания из верхних горизонтов почвы. При таком сочетании факторов почвообразования формируются подзолистые почвы.

По «Классификации почв СССР» (1977) профиль подзолистых почв имеет следующее строение: на поверхности имеется лесная подстилка (A_0) от 2 до 10 см, под ней гумусовый горизонт 1—3 см (A_0A_1) или гумус вымыт на глубину 3—5 см (A_1A_2); под гумусовым горизонтом расположен подзолистый (A_2) различной мощности (10—40 см), затем иллювиальный гори-

зонт (В) и ниже — материнская порода (С). Мощность профиля подзолистых почв 100—120 см.

Тип подзолистых почв по условиям формирования разделялся на два подтипа: глееподзолистые и подзолистые. Для подтипа глееподзолистых почв характерно оглеение в горизонтах A_2 и A_2B в виде сизовато-серых тонов окраски.

По «Классификации почв России» (2004) в таежно-лесной зоне выделены следующие типы почв: подзолистые O-EL-BEL-BT-C; подзолисто-глеевые O-EL-BELg-BTg-G-CG; и торфяно-подзолисто-глеевые T-ELg-BELg-BTg-G-CG, которые относятся к отделу текстурно-дифференцированных почв, к стволу постлитогенных почв. Из подтипов подзолистых почв в таежно-лесной зоне больше распространены типичные O-EL-BEL-BT-C, грубогумусовые Oao-EL-BEL-BT-C, палево-подзолистые O-ELf-BEL-BT-C, глееватые O-EL-BEL(g)-BTg-Cg. Подзолистые почвы имеют кислую и сильноокислую реакцию. Гумус фульватного типа. Насыщенность основаниями — 15—20 %. Подзолисто-глеевые почвы имеют глеевый горизонт в нижней части профиля и признаки оглеения в текстурном горизонте. Подстилочный-торфяной горизонт O мощностью до 10 см. Элювиальный горизонт EL серовато-белесый, иногда с сизоватым оттенком, может содержать железистые конкреции. Структура элювиального горизонта плитчатая. Переход к текстурному горизонту языковатый BTy. Тип торфяно-подзолисто-глеевых почв имеет торфяной горизонт T мощностью 15—30 см, под которым находится оглеенный элювиальный горизонт ELg с железистыми конкрециями. Торфяно-подзолисто-глеевые почвы формируются в северной и средней тайге в условиях переувлажнения.

В подзолистых и особенно подзолисто-глеевых почвах повышено содержание легкорастворимых соединений железа, алюминия и марганца, токсичных для растений. Емкость обмена от 2—17 мг-экв в подзолистом горизонте и до 22—24 мг-экв на 100 г в иллювиальном. Степень насыщенности основаниями менее 50 %, реакция почвенного раствора кислая ($pH_{\text{ккл}} = 3,2\text{—}4,3$), для них характерна малая буферность. Повышенная кислотность обусловлена наличием обменных ионов водорода и алюминия.

По «Классификации почв России» (2004) выделен тип агро-торфяно-подзолисто-глеевых почв PT-(T)-ELg-BELg-BTg-G-CG. Такой тип почв формируется после осушения торфяно-подзолисто-глеевых почв и их освоения в сельскохозяйственном производстве. При распашке торфяного горизонта создается агроген-

но-преобразованный гомогенный торфяной горизонт, подзолистый и субэлювиальный горизонты сохраняются.

Для повышения плодородия подзолистых, подзолисто-глеевых, торфяно-подзолисто-глеевых и агроторфяно-подзолисто-глеевых почв при сельскохозяйственном использовании необходимо известкование, внесение органических удобрений, посевы многолетних трав и др.

11.3. Дерново-подзолистые почвы

Дерново-подзолистые почвы распространены в подзоне южной тайги таежно-лесной зоны, а также отдельными массивами в северной части лесостепной зоны. По «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) они относятся к подтипу подзолистых почв, но чаще их рассматривают как самостоятельный тип. Особенность их образования заключается в развитии дернового процесса и образовании нового генетического горизонта — дернового (A_1), отсутствующего в подзолистых почвах. Дерново-подзолистые почвы обладают сравнительно высоким плодородием и составляют большой фонд пахотных угодий.

Дерново-подзолистые почвы образуются под пологом смешанных широколиственно-хвойных лесов (дуб, клен, ясень, сосна и др.) в европейской части южной тайги и лиственных лесов (береза, осина) в Западной Сибири. Под пологом таких лесов хорошо развит травянистый покров, который обуславливает формирование в профиле подзолистой почвы дернового горизонта, что и приводит к образованию дерново-подзолистой почвы. Дерновый почвообразовательный процесс происходит при уничтожении леса и развитии суходольных лугов, когда подзолистый процесс сменяется дерновым и подзолистая почва постепенно изменяется в дерново-подзолистую.

Под пологом леса травянистая растительность развивается слабо и не накапливает большого количества органических веществ и элементов зольного и азотного питания растений. Органические остатки травянистых растений содержат мало питательных веществ, поэтому мало образуется гумуса в процессе почвообразования. Кроме того, продолжается и подзолистый процесс, который противостоит дерновому при промывном водном режиме.

Профиль дерново-подзолистых почв имеет следующее строение: под травянистой растительностью находится дернина или лесная подстилка лиственных лесов A_0 мощностью 3—5 см. Дерниной называют верхний слой почвы, густо переплетенный живыми и отмершими корнями и корневищами травянистых растений. Под подстилкой формируется гумусово-элювиальный горизонт A_1 мощностью от 5 до 20 см. Этот горизонт светло-серого или темно-серого цвета. Ниже дернового располагается подзолистый горизонт A_2 , затем переходный A_2B , иллювиальный B , переходящий в материнскую породу C . Подзолистый горизонт имеет различную мощность в зависимости от степени выраженности оподзоливания (10—40 см). Иллювиальный горизонт B достигает мощности 50—80 см. Мощность профиля дерново-подзолистых почв колеблется от 100 до 200 см.

По содержанию гумуса дерново-подзолистые почвы делятся на слабогумусные (2—3 %), среднегумусные (3—5 %) и высокогумусные (более 5 %).

Распределение илистой фракции, кремнезема и полуторных окислов сходно с подзолистой почвой. Дерново-подзолистые почвы имеют кислую реакцию, степень насыщенности основаниями 60—80 %. Обменные основания представлены кальцием и магнием. Эти почвы бедны валовыми запасами и легкодоступными для растений формами азота и фосфора.

Плотность почвы увеличивается от верхних горизонтов к нижним. Общая пористость пахотного слоя почвы высока (54—56 %), в иллювиальном горизонте пористость аэрации очень низкая (3—10 %), поэтому в нижних горизонтах газообмен затруднен.

По «Классификации почв России» (2004) в южной тайге европейской части России, Западной и Восточной Сибири выделены следующие типы почв: дерново-подзолистые AY-EL-BEL-BT-C; дерново-подзолисто-глеевые AY-EL-BELg-BTg-G-CG; агродерново-подзолистые P-(EL)-BEL-BT-C и агродерново-подзолисто-глеевые P-(ELg)-BELg-BTg-G-CG. Перечисленные типы почв относятся к отделу текстурно-дифференцированных почв, к стволу постлитогенных почв. Текстурно-дифференцированные почвы характерны ясной минерало-гранулометрической дифференциацией профиля с элювиальным и текстурным горизонтами. Элювиальный горизонт обеднен илом и полуторными оксидами. Реакция среды в элювиальной части профиля кислая, в нижних горизонтах нейтральная или щелочная. Такое строение

профиля является результатом подзолообразовательного процесса — разрушения минералов илистой фракции и выноса продуктов разрушения в нижние горизонты и за пределы профиля. Поглощающий комплекс в элювиальных горизонтах ненасыщен основаниями. Текстурно-дифференцированные почвы характерны для тайги и северной лесостепи Европейской России и Сибири.

Тип дерново-подзолистых почв диагностируется по дерновому серогумусовому горизонту АУ, элювиальному горизонту ЕL, который через субэлювиальный горизонт ВЕL переходит в текстурный ВТ. Гумусовый горизонт серого цвета, мощностью 5—15 см, постепенно переходит в светлый элювиальный горизонт. Реакция дерново-подзолистых почв кислая, возможно, нейтральная в нижних горизонтах профиля. Содержание гумуса 1,5—6,0 % в гумусовом горизонте, в гумусе преобладают фульвокислоты: $C_{гк} : C_{фк} = 0,3—0,5$. Поглощающий комплекс ненасыщен основаниями.

Подтипы дерново-подзолистых почв выделяются по наличию железистых агрегатов в элювиальном горизонте, признакам языковатости, оглеения. В южной тайге европейской части России более распространены подтипы типичные АУ-ЕL-BE-L-BТ-С; дерново-палево-подзолистые АУ-Еlf-ЕL-BE-L-BТ-С; языковатые АУ-ЕL-BE-L-BТу-BТ-С.

В южной тайге Сибири и широколиственных лесах Дальнего Востока преобладает подтип сегрегационно-отбеленных почв (подбелы светлые) АУ-ЕLnn-BE-L-BТ-С. Эти почвы отличаются сильно осветленным элювиальным горизонтом, наличием железистых конкреций размером более 3 мм в количестве, превышающем 10 % от массы почвы этого горизонта.

Тип дерново-подзолисто-глеевых почв отличается от дерново-подзолистых наличием глеевого горизонта G, оглеением субэлювиального ВЕLg и текстурного Вtg горизонтов. Формируется в понижениях рельефа или на малодренлируемых поверхностях. Для дерново-подзолисто-глеевых почв характерна кислая реакция, в гумусовом горизонте АУ преобладают фульвокислоты.

Для повышения плодородия дерново-подзолистых почв необходимо осуществлять комплекс агротехнических мероприятий, включающий известкование, внесение органических, минеральных и бактериальных удобрений, рациональную обработку почвы, углубление пахотного слоя, улучшение водно-воздушного режима, освоение севооборотов, посевы многолетних трав, особенно бобовых.

11.4. Серые почвы

Серые почвы являются преобладающим типом почв в северной части лесостепной зоны. Они образуются под лиственными и широколиственными лесами с хорошо развитым травянистым покровом и на безлесных участках луговых степей. Особенностью климата этой зоны является примерно равное соотношение осадков к испаряемости, коэффициент увлажнения (КУ) колеблется от 0,8 до 1,2.

По обеспеченности влагой западные провинции относятся к влажным, а центральные и восточные — к полувлажным. К востоку возрастает континентальность климата, снижается обеспеченность теплом, зима становится холодной, сокращается период вегетации растений. Зимой почвы промерзают на глубину до 200 см.

Рельеф в европейской части зоны волнистый. Преобладающими материнскими породами являются лессы и лессовидные суглинки. Западно-Сибирская часть зоны имеет равнинный рельеф, расчлененный приречными территориями. Среди почвообразующих пород преобладают лессовидные суглинки и глины.

В Западно-Сибирской части лесостепной зоны из древесных пород преобладает береза с примесью осины. Под пологом леса встречаются черемуха, ива, калина, боярышник, смородина и др. Под лесом травянистая растительность представлена луговыми и лугово-степными травами.

На востоке лесостепной зоны преобладают сосново-березовые леса с примесью лиственницы. Под лесом развивается разнообразная травянистая растительность.

В лесостепной зоне подзолистый процесс менее интенсивен, чем в таежно-лесной. Здесь создаются благоприятные условия для развития дернового процесса и гумификации при ослаблении промывного водного режима.

В лиственных лесах с подлеском и хорошо развитой травянистой растительностью ежегодно в почву от корневых систем и на ее поверхность с опадом из листьев и веток поступает большая масса органических веществ, богатых азотом и основаниями, особенно кальцием. При разложении таких органических веществ образуются гумусовые вещества с большим содержанием гуминовых кислот. Образующиеся при разложении кислоты нейтрализуются основаниями опада, поэтому подзолистый процесс менее выражен.

Серые почвы занимают переходное положение от дерново-подзолистых южной части таежно-лесной зоны к черноземным почвам южной лесостепи. От дерново-подзолистых почв серые лесные отличаются усилением аккумулятивных процессов, более мощным гумусовым горизонтом (20—40 см), ослаблением подзолистого процесса и элювиально-иллювиальной дифференциации профиля.

Генезис и свойства серых лесных почв впервые в России изучил и описал В. В. Докучаев. Классификация серых лесных почв детализировалась Н. М. Симбирцевым, К. Д. Глинкой, И. В. Тюриным, В. Р. Вильямсом и другими почвоведрами.

По современной классификации в зависимости от интенсивности гумусирования и процесса оподзоливания тип серых лесных почв разделяется на три подтипа — светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы.

В. В. Докучаев отмечал, что светло-серые и серые почвы образовались под большим влиянием леса и меньшим влиянием травянистых растений. Темно-серые образовались под изреженным лесом при интенсивном влиянии травянистой растительности.

В восточной части лесостепной зоны климат резко континентальный, поэтому здесь распространены серые лесные сезонномерзлотные почвы.

Подтипы серых лесных почв делят на роды: обычные, остаточные карбонатные, со вторым гумусовым горизонтом и др.

На виды серые лесные почвы разделяют по мощности гумусового горизонта ($A_1 + A_1A_2$): маломощные — менее 20 см, среднеспособные — 20—40 см, мощные — более 40 см.

Подтип светло-серых почв характеризуется большей оподзоленностью и маломощным гумусовым горизонтом (до 20 см). Содержание гумуса 1,5—3,0 % в европейской и до 5 % в азиатской частях лесостепной зоны. Реакция среды кислая, насыщенность основаниями 70 %. Эти почвы близки к дерново-подзолистым. Гумусово-элювиальный горизонт имеет четкие признаки оподзоленности с обильной белесой присыпкой. Светло-серые почвы бедны элементами питания.

Подтип серые почвы имеет среднеспособный гумусовый горизонт 20—40 см, содержание гумуса 4—8 %. Верхние горизонты обеднены илстой фракцией, иллювиальные горизонты высокой плотности (1,5—1,65 г/см³).

Подтип темно-серые почвы имеет более мощный гумусовый горизонт (>40 см) более темной окраски. Структура комковато-ореховатая. Содержание гумуса 5—10 %, имеют слабокислую реакцию, насыщены основаниями (80—90 %). Темно-серые почвы содержат больше азота и фосфора, режим питания для растений благоприятен.

По «Классификации почв России» (2004) в лесостепной зоне выделяют следующие типы почв: серые AY-AEL-BEL-BT-C, темно-серые AU-AUe-BEL-BT-C, темно-серые глеевые AU-AUe-BELg-BTg-G-CG, подбелы темно-гумусовые AU-ELnn-BEL-BT-C. Эти типы почв относятся к отделу структурно-дифференцированных, стволу постлитогенных почв.

Тип серые почвы имеет серо-гумусовый аккумулятивный горизонт мощностью 20—25 см, в них отсутствует элювиальный горизонт EL. Вместо него формируется гумусово-элювиальный горизонт AEL более светлой окраски, чем горизонт AY. Под гумусово-элювиальным горизонтом формируется субэлювиальный горизонт BEL с белесыми, бурыми и темными фрагментами. Внизу профиля серых почв на глубине 110—120 см часто диагностируются карбонаты в виде прожилок и конкреций.

Реакция серых почв слабокислая, внизу профиля при наличии карбонатов может быть слабощелочной. Содержание гумуса в аккумулятивном горизонте 4—6 %, $C_{гк}/C_{фк} = 1$.

Тип темно-серые почвы имеет аккумулятивный горизонт темного цвета мощностью 25—50 см. Содержание гумуса в горизонте AU 5—8 %.

Тип темно-серые глеевые почвы в нижней части профиля имеет глеевый горизонт G. Эти почвы формируются в пониженных местах рельефа в условиях избыточного увлажнения и неглубокого залегания грунтовых вод, образуют комплексы с серыми и темно-серыми почвами.

По «Классификации почв России» (2004) в лесостепной зоне выделяются типы антропогенно-преобразованных почв: агросерые P-(AY)-AEL-BEL-BT-C, агротемно-серые PU-(AUe)-BEL-BT-C, агротемно-серые глеевые PU-AUe-BELg-BTg-G-CG и др.

Агросерые и агротемно-серые почвы формируются при сельскохозяйственном освоении серых и темно-серых почв. При обработке этих почв создается гомогенный агрогоризонт, под которым находится незатронутая часть гумусового горизонта. Если гумусовый горизонт обрабатывается на всю его мощность, то под агрогоризонтом находится гумусово-элювиальный горизонт

АЕL в серых почвах или субэлювиальный горизонт BEL в темно-серых почвах.

Плодородие антропогенно-преобразованных почв может быть выше или ниже плодородия естественных почв в зависимости от уровня культуры земледелия.

Для повышения плодородия серых лесных почв нужно вносить органические и минеральные удобрения, углублять пахотный слой, выращивать многолетние травы, особенно бобовые, и по возможности использовать их на зеленое удобрение.

11.5. Черноземные почвы

Черноземные почвы являются преобладающим типом в межлесной части лесостепной и степной зон, на территории Российской Федерации имеют большую широтную и меридиональную протяженность, начиная от западных границ страны до районов Байкала (Минусинская котловина). На черноземах расположена половина пахотных угодий России, они обладают высоким плодородием, на этих почвах выращивают большинство сельскохозяйственных культур и развивают садоводство.

Условия для образования черноземов в этих зонах являются благоприятными. Но большая протяженность с запада на восток определяет неоднородность природных условий формирования черноземных почв.

С запада на восток уменьшается обеспеченность теплом и осадками, возрастает континентальность климата. Продолжительность периода с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ в западной части лесостепи — 150—180 дней, в восточной — 90—120 дней, а в степной зоне соответственно 140—180 и 97—140 дней. Изменяется и сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ от 2400—3200 $^{\circ}\text{C}$ на западе, до 1400—2000 $^{\circ}\text{C}$ на востоке.

Осадков больше выпадает на западе (500—600 мм), их количество уменьшается в Поволжье и в Западной Сибири до 300—400 мм. В европейской части за летний период выпадает 30—40 % осадков, а в азиатской до 50 %. В целом для черноземной зоны характерно недостаточное увлажнение. В лесостепной зоне коэффициент увлажнения приближается к единице, а в степной зоне меньше единицы — 0,5—0,7.

Рельеф в европейской части волнистый, разделенный речными долинами, оврагами и балками. В Поволжье есть возвышен-

ности. В азиатской части черноземные почвы находятся на равнинной Западно-Сибирской низменности, в предгорных областях Алтая, в Минусинской котловине и на окраине предгорий Восточного Саяна.

Преобладающими почвообразующими породами являются лессы, лессовидные суглинки и глины, расположенные на песчано-глинистых отложениях. Особенностью этих материнских пород является их карбонатность. В Западно-Сибирской провинции встречаются засоленные породы.

Черноземы, вероятно, образовались под травянистой растительностью и существуют в ее условиях уже не одну тысячу лет. Сохранившиеся лесные участки расположены по водоразделам, балкам и речным террасам. Травянистая растительность в лесостепной зоне состояла из бобово-злаково-разнотравных ассоциаций. Из бобовых трав — лядвенцы, люцерна желтая, рогатая, клевер люпиновидный, эспарцет, чина луговая и др. Из злаковых — костры, пырей ползучий, мятлик, ежа сборная, овсяницы, ковыли, вейник, тонконог, житняк и др. Среди разнотравья — колокольчики, зопник, шалфей, подмаренник, осоки, пижма, полыни, кровохлебка и др.

Травянистая растительность степной зоны была представлена разнотравно-ковыльными и типчаково-ковыльными ассоциациями. Преобладающими видами растений из разнотравья были полыни, лапчатка вильчатая, лабазник, солодка, зопник клубненосный, камфоросма, осоки, лебеда бородавчатая и др. Из злаковых трав преобладали ковыли, типчак, тонконог, волоснец, вейник наземный, тимофеевка степная, житняк и др.

В настоящее время практически все удобные площади черноземных почв распаханы и введены в сельскохозяйственное производство. Природная растительность и целинные черноземы сохранились в основном на неудобных участках (в балках, на крутых склонах, в заповедниках и других местах, неудобных, или законодательно запрещенных для ведения сельского хозяйства).

В. В. Докучаев доказал, что черноземные почвы образовались при изменении почвообразующих пород под влиянием климата, растительности и других факторов. П. А. Костычев установил важную роль корневых систем травянистой растительности в накоплении перегноя в черноземных почвах. В. Р. Вильямс отмечал, что образование черноземных почв есть результат развития дернового процесса под луговыми степями.

По современным представлениям ведущим процессом при образовании черноземов является гумусоаккумулятивный, т. е. накопление элементов питания растений и оструктурирование профиля. Важнейшая особенность биологического круговорота веществ при образовании черноземов — ежегодное поступление в почву большой массы опада травянистой растительности, богатой азотом и зольными элементами.

Большая масса растительного опада, богатого белковым азотом и основаниями, при благоприятных водном и воздушном режимах способствовала быстрой минерализации органических веществ и образованию гумуса. Особенно интенсивно гумусообразование происходит весной и в начале лета при оптимальной влажности почвы и благоприятствующем для микробиологических процессов температурном режиме.

Богатство опада кальцием обуславливает образование биогенного кальция и его миграцию в форме $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Избыток кальциевых солей и насыщение образующихся гумусовых веществ кальцием предотвращает вымывание свободных водорастворимых органических веществ.

В таких условиях органическое вещество черноземов имеет гуминовый состав гумуса ($C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}} = 1,5-2$). Происходит образование сложных гуминовых кислот с высокой степенью окисления и их закрепление минеральными соединениями в виде гуматов кальция и гуминовоглинистых комплексов. Такие соединения трудно поддаются минерализации и являются потенциальным резервом элементов питания для растений (N, P, Ca, S, K, Fe и др.).

Мощное развитие дернового процесса под травянистой растительностью на черноземах и образование гуматов кальция обусловило формирование гумусово-аккумулятивного горизонта и благоприятное оструктурирование профиля почвы. Таковы общие процессы образования черноземов в пределах черноземной зоны.

В «Классификации почв СССР» (1977) выделяли следующие типы черноземов: выщелоченные, оподзоленные, типичные, обыкновенные и южные.

С изменением климата и состава растительности в широтном и меридиональном направлениях проявляются особенности образования черноземов.

В северной части лесостепи при периодически промывном водном режиме и, особенно, при временной избыточной увлажнении происходит образование кислых соединений и вымывание

оснований из гумусового горизонта. В таких условиях образуются выщелоченные и оподзоленные черноземы.

В благоприятных условиях при максимальном накоплении массы травянистой растительности и оптимальном гидротермическом режиме в южной части лесостепной зоны образуются типичные черноземы.

К югу от типичных черноземов, в степной зоне при дефиците влаги в почве уменьшается масса растительного опада и ухудшается его состав, что обуславливает образование черноземов меньшей мощности — обыкновенных и южных.

Значительные различия в признаках и свойствах черноземов происходят и в направлении с запада на восток. В европейской части черноземной зоны почвы мало промерзают, быстро оттаивают, процессы почвообразования происходят до большей глубины, что способствует формированию черноземов с мощным гумусовым горизонтом и невысоким содержанием гумуса (3—6 %). Эти черноземы характеризуются промытостью профиля, глубоким залеганием гипса, профильной миграцией карбонатов.

В азиатской части черноземной зоны (Западная Сибирь) почвы глубоко промерзают и медленно оттаивают, уменьшается глубина распространения корневых систем растений, сокращается период разложения органических веществ. Поэтому в черноземах формируется меньший гумусовый горизонт с высоким содержанием гумуса (6—14 %).

Профиль типичных черноземов имеет следующее строение:

$$A - AB - B_k - BC_k - C_k.$$

Характерной особенностью строения профиля черноземов является наличие темноокрашенного гумусового слоя разной мощности, который подразделяется на верхний гумусово-аккумулятивный горизонт А, темноокрашенный, переходящий в нижний горизонт АВ, темно-серый, с буроватым оттенком до гумусовых затеков. Общая мощность гумусового слоя у типичных черноземов колеблется от 90 до 120 см, может быть и больше. Ниже гумусового слоя расположен переходный к породе горизонт В, бурой окраски с гумусовыми затеками языковой формы. По степени гумусности и структуре его разделяют на горизонты В₁, В₂, а в подтипах выделяют иллювиально-карбонатный горизонт В_к. Накопление карбонатов может происходить и в гори-

зонте BC_k и в материнской породе C_k . Мощность профиля таких черноземов достигает 180—200 см.

В «Классификации почв СССР» (1977) по мощности гумусового слоя и содержанию гумуса черноземы подразделяются на следующие виды: сверхмощные (>120 см), мощные (80—120 см), среднемощные (40—80 см), маломощные (25—40 см), очень маломощные (<25 см). По содержанию гумуса: тучные (>9 %), среднегумусные (9—6 %), малогумусные (6—4 %) и слабогумусированные (<4 %).

Черноземы оподзоленные образуются при периодически промывном типе водного режима, что способствует частичному оподзоливанию. Строение их профиля состоит из следующих горизонтов:

$$A - A_1 - A_1V - B_1 - B_2 - B_k - C_k.$$

Окраска гумусового горизонта А серая или темно-серая. Горизонт A_1 заметно светлее с белой присыпкой. Горизонт A_1V буровато-серый. Иллювиальный горизонт B_1 бурого цвета, с затеками гумуса, имеет коричневый оттенок, более плотного сложения. Вскипание карбонатов от HCl наблюдается в горизонте B_k на глубине 120—150 см от поверхности почвы и ниже гумусового слоя ($A + A_1 + A_1V$) на 60—80 см). Карбонатный горизонт может отсутствовать в черноземах на бескарбонатных почвообразующих породах.

Черноземы выщелоченные имеют следующее строение профиля:

$$A - AB - B - B_k - BC_k - C_k.$$

Гумусовый слой ($A + AB$) не имеет белесой присыпки. Горизонт А черно-серой окраски, комковато-зернистой структуры. Горизонт АВ — темно-серый, горизонт В буровой окраски с гумусовыми затеками, уплотненный, выщелоченный от карбонатов, мощностью более 10 см. Карбонаты обнаруживаются на глубине 90—110 см. Преобладающими видами чернозема выщелоченного являются среднемощные, среднесуглинистые.

Черноземы типичные образуются в благоприятных гидротермических условиях, имеют мощный гумусовый слой (100—120 см). Горизонт А черно-серой окраски, структура зернистая, водопроочная. Черно-серая окраска становится менее интенсивной в горизонте АВ. Вскипание карбонатов от HCl начи-

нается в нижней части горизонта АВ или в начале горизонта. Карбонаты находятся в форме мицелия. В подтипе типичных черноземов преобладают мощные и среднемощные, тучные, среднегумусные виды. Это самые плодородные почвы черноземной зоны.

В степной зоне преобладают обыкновенные и южные черноземы.

Черноземы обыкновенные по строению профиля сходны с типичными. У обыкновенных черноземов мощность гумусового слоя меньше, чем у типичных, и составляет 65—80 см. Под гумусовым горизонтом залегает иллювиальный карбонатный горизонт В_к. Карбонаты в форме белоглазки, что является отличительным признаком от черноземов лесостепной зоны.

Черноземы южные распространены в южной части степной зоны. Строение профиля южных черноземов имеет следующее сочетание горизонтов:

$$A - AB_k - B_k - BC_k - C_{кс}.$$

Горизонт А темно-серый, мощностью 25—40 см. Общая мощность гумусового слоя (А + АВ_к) 45—60 см. Горизонт АВ_к коричнево-бурой окраски с комковато-призматической структурой. Вскипание карбонатов начинается в горизонте АВ_к. Карбонаты кальция в иллювиальном горизонте В_к в форме белоглазки. На глубине 1,5—2 м и глубже под южными черноземами часто содержится гипс в виде мелких кристаллов (С_{кс}). В южных черноземах чаще проявляется солонцеватость и солончаковатость.

Состав и свойства черноземов обеспечивают высокое природное плодородие. По гранулометрическому составу черноземы разнообразны (от супесчаных до глинистых разновидностей), но преобладают средне- и тяжелосуглинистые. В их минералогическом составе преобладают первичные минералы (кварц, полевые шпаты). Из вторичных минералов главенствует монтмориллонит. В илистой фракции черноземов содержатся окристаллизованные полуторные окислы железа и алюминия (гетит — $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, гиббсит — $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$). Высокодисперсные минералы простых солей распределены по профилю черноземов равномерно.

Черноземы имеют благоприятные физико-химические свойства: высокая емкость поглощения (30—70 мг · экв/100 г почвы), насыщенность ППК основаниями, нейтральная или слабокислая

реакция, высокая буферность. В составе обменных катионов преобладает кальций. Только в оподзоленных и выщелоченных черноземах в ППК присутствует водород. В ППК южных черноземов возрастает количество магния и присутствует обменный натрий (Na^+).

Черноземы обладают благоприятными физическими и водно-физическими свойствами: рыхлое сложение, высокая влагосмкость и хорошая водопроницаемость гумусового слоя. Лучшая структура в типичных, выщелоченных и обыкновенных черноземах. Плотность гумусовых горизонтов в пределах $1\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$, общая пористость — $50\text{--}60 \%$, в том числе $15\text{--}20 \%$ — некапиллярная, что обеспечивает хорошую воздухо- и водопроницаемость.

Среди черноземов встречаются лугово-черноземные почвы, которые образуются на пониженных элементах рельефа (лощины, лиманы и др.) в условиях повышенного увлажнения и неглубоких грунтовых вод. Признаками лугово-черноземных почв являются интенсивно-черная окраска верхней части гумусового слоя и глееватость нижних горизонтов. Лугово-черноземные почвы обладают высоким природным плодородием.

По «Классификации почв России» (2004) выделяют следующие типы черноземов: черноземы глинисто-иллювиальные AU-BI-C(ca), черноземы AU-BCA-Cca, черноземы текстурно-карбонатные AU-CAT-Cca, черноземовидные AUg, nn-BMg-Cg. Перечисленные типы относятся к отделу аккумулятивно-гумусовых почв, стволу постлитогенных почв. В типе черноземы глинисто-иллювиальные по наличию признаков элювирования, оглеения и гидрометаморфизма выделяют 4 подтипа. В типе черноземов по форме карбонатных новообразований, по признакам солонцеватости, слитизации, засоления, осолодения и гидрометаморфизма выделяют 10 подтипов.

Отдел аккумулятивно-гумусовых почв характерен наличием темногумусового горизонта мощностью $30\text{--}170 \text{ см}$. Состав гумуса фульватно-гуматный или гуматный, прочно связан с минеральной частью почвы. Основанием для выделения типов служит срединный горизонт, который может быть глинисто-иллювиальным BI, аккумулятивно-карбонатным BCA, текстурно-карбонатным CAT, слитым V. Профиль аккумулятивно-гумусовых почв недифференцирован или слабо дифференцирован по гранулометрическому составу и валовому содержанию полуторных оксидов.

По «Классификации почв СССР» (1977) типу черноземов соответствуют типичные и обыкновенные черноземы. Типу черноземов глинисто-иллювиальных соответствуют черноземы оподзоленные и выщелоченные. Тип черноземов делится на 10 подтипов по формам карбонатных образований и признакам засоления, осолодения и гидрометаморфизма.

Типу черноземов текстурно-карбонатных соответствуют подтипы: черноземы южные и темно-каштановые почвы. Типу черноземовидных почв соответствуют лугово-черноземные почвы.

По «Классификации почв России» (2004) выделяются антропогенно-преобразованные типы: агрочерноземы глинисто-иллювиальные PU-AU-BI-C(ca), агрочерноземы PU-AU-BCA-Cca, агрочерноземы текстурно-карбонатные PU-AU-CAT-Cca и др. Перечисленные типы агропочв формируются на естественных типах почв в результате земледельческого использования. В результате нерационального использования естественных почв пахотный горизонт становится распыленным, содержание гумуса снижается, структура становится неводопрочной, уменьшаются аэрация, водопроницаемость и влагоемкость почв.

Все черноземные почвы обладают высоким потенциальным плодородием. Эффективное плодородие черноземов в сельском хозяйстве во многом зависит от тепло- и влагообеспеченности. Для повышения эффективного плодородия черноземов первоочередное значение имеет накопление воды в почве и ее рациональное использование. К мероприятиям по улучшению водного режима относятся плоскорезная обработка почвы с оставлением стерни, минимизация обработки, введение в севооборот кулисных паровых полей, прикатывание и своевременное боронование почвы, глубокое рыхление поперек склонов, осеннее щелевание полей, устройство полезащитных лесных полос, освоение рациональных севооборотов, система охранных мероприятий против водной и ветровой эрозии, организация регулярного орошения и др.

При орошении черноземов необходимо строго соблюдать рассчитанные оросительные нормы, сроки и нормы поливов, вести тщательный контроль за влажностью и свойствами почвы. При избыточном орошении возможно ухудшение свойств черноземов, а при подъеме грунтовых вод происходит засоление почв.

При сельскохозяйственном использовании черноземов необходимо поддерживать бездефицитный баланс плодородия почв,

простое воспроизводство или повышать плодородие выше исходного уровня — добиваться расширенного воспроизводства.

Для восстановления и повышения почвенного плодородия черноземов нужно применять органические и минеральные удобрения, осваивать агроландшафтную систему земледелия, внедрять передовые технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

Весьма эффективным приемом является заделка в почву бобовых зеленых растений (донник, люпин и др.) на сидеральное удобрение. Органические вещества бобовых растений богаты белковым азотом, что создает оптимальные условия для микроорганизмов и минерализации органических веществ без разрушения гумусных соединений почвы.

11.6. Каштановые почвы

В сухих степях преобладающий зональный тип почв — каштановые. Большие площади каштановых почв расположены в Среднем и Нижнем Поволжье, южной части Западной Сибири (Кулундинские степи). С каштановыми почвами в этой зоне сочетаются интразональные почвы: солонцы, солончаки, солоди, лугово-каштановые почвы, создающие в совокупности существенную мозаичность почвенного покрова.

Каштановые почвы образуются в менее благоприятных природных условиях по сравнению с черноземами. Климат зоны сухих степей континентальный, с теплым летом и холодной зимой, с малым снежным покровом (15—40 см). Осадков выпадает мало: на севере 350—400 мм, на юге 250—300 мм в год. Коэффициент увлажнения в северной части — 0,35—0,45, в южной части зоны — 0,25—0,30. Часто наблюдаются суховеи, которые оказывают отрицательное влияние на растения, иногда вызывая их полную гибель. Водный режим непромывной.

Рельеф зоны сухих степей равнинный или слабоволнистый с выраженным микрорельефом. Часто встречаются различные понижения (западины, лиманы, суффозионные блюдца и др.).

Каштановые почвы формировались преимущественно на лессовидных карбонатных суглинках. В южной части Западной Сибири каштановые почвы образовались на материнских поро-

дах, представленных древнеаллювиальными отложениями, постилаемыми морскими засоленными осадками.

Растительный покров зоны сухих степей беден и неоднороден. В северной части растительность состояла из типчаково-ковыльных ассоциаций с примесью разнотравья. Южнее преобладают полынно-типчаково-ковыльные, типчаково-полынные степи. Преобладающими растениями являются ковыли, типчак, тонконог, мятлик луковичный, различные виды полыни (белая, черная, австрийская, равнинная, одностолбиковая и др.) и разнотравье, отличающееся от более северных зон относительно бедным составом.

Генезис каштановых почв связан с засушливостью климата ксерофитной растительностью. С опадом в почву поступает значительно меньше зольных элементов и азота по сравнению с лесостепной зоной. При разложении ксерофитной растительности, особенно полыней, освобождается большое количество щелочных металлов, что является причиной развития солонцеватости каштановых почв.

Особенностью почвообразования в зоне сухих степей являются замедленные темпы гумусообразования и слабая выщелачивенность профиля почв от карбонатов и легкорастворимых солей. Дерновый процесс ослаблен неблагоприятным гидротермическим режимом. Солонцеватость больше проявляется в светло-каштановых почвах с тяжелым гранулометрическим составом. На проявление солонцеватости оказывает большое влияние солонцеватость почвообразующей породы.

По «Классификации почв СССР» (1977) каштановые почвы подразделяются на 3 подтипа: темно-каштановые с содержанием гумуса 4—5 %, каштановые с содержанием гумуса 3—4 % и светло-каштановые с содержанием гумуса 2—3 %.

Профиль каштановых почв имеет следующие горизонты:

$$A - B_1 - B_2 - B_k - B_{ks} - C.$$

Гумусовый горизонт А — каштановой окраски с коричнево-серым оттенком, комковато-зернистой структурой, мощностью 15—30 см. Горизонт B_1 тоже гумусовый серовато-бурой окраски, призмовидно-комковатой структуры, мощностью около 10 см, вскипает от HCl в нижней части. Горизонт B_2 буровато-палевой окраски с гумусовыми затеками бурого цвета, мощностью тоже около 10 см, вскипает от HCl. Горизонт B_k бурова-

то-желтого цвета, уплотненный, призмовидной структуры, пропитанный карбонатами в форме белоглазки или мучнистых скоплений мощностью от 50 до 100 см. Горизонт $B_{кс}$ — светлый с карбонатами и вкраплениями гипса. В нижней части горизонта $B_{кс}$ встречаются легкорастворимые соли. Под ним — материнская порода — С.

У темно-каштановых почв мощность гумусового слоя ($A + B_1$) — 35—45 см. Вскипает от HCl на глубине 45—50 см. Гипс и легкорастворимые соли на глубине 2 м.

Каштановые почвы имеют меньшую мощность гумусового слоя ($A + B_1 = 30—40$ см). Вскипание на глубине 40—45 см, а гипс — на глубине 150—170 см.

Светло-каштановые почвы имеют мощность гумусового слоя 25—35 см, который бесструктурный. Карбонатный горизонт ближе к поверхности почвы, гипс на глубине 110—120 см. Значительное скопление солей по сравнению с темно-каштановыми почвами обуславливает проявление признаков солонцеватости.

Для зоны каштановых почв характерна комплексность, которая обусловлена, во-первых, почвообразующими породами, подстилаемыми морскими засоленными отложениями, во-вторых, микрорельефом и различными условиями увлажнения, а также пятнистым распределением растительности и ее консорционным составом.

В каштановых и темно-каштановых почвах илистая фракция распределена равномерно по почвенному профилю. Для солонцеватых разновидностей каштановых почв характерно перемещение илистой фракции из верхних горизонтов в горизонт В. В илистой фракции преобладают вторичные минералы группы монтмориллонита и гидрослюд. В небольших количествах встречаются полуторные оксиды железа и алюминия.

Емкость поглощения в каштановых почвах колеблется от 15 до 30 мг · экв на 100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладают Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержание поглощенного натрия достигает 3—4 % емкости поглощения.

В сильно солонцеватых каштановых почвах содержание обменного натрия возрастает до 15 % от емкости поглощения. Реакция водной вытяжки в верхних горизонтах слабощелочная ($pH = 7,2—7,5$), в нижних горизонтах — $pH = 8$.

В связи с непромывным водным режимом в каштановых почвах происходит накопление карбонатов, гипса и легкорастворимых солей.

римых солей на различной глубине. Малое количество осадков не обеспечивает промачивания почвы глубже 100 см. А в засушливые годы глубина промачивания не более 50—70 см. Поэтому на глубине 50—60 см аккумулируются карбонаты. Глубже 1 м внедряется гипсовый горизонт.

В каштановых несолонцеватых почвах мало водорастворимых солей. В солонцеватых почвах, образовавшихся на засоленных породах, происходит значительное накопление солей на глубине 120—160 см. Преобладает сульфатно-хлоридный тип засоления.

Каштановые почвы имеют благоприятные физические свойства. Солонцеватые каштановые почвы характеризуются более плотным сложением профиля, особенно карбонатных горизонтов ($1,5\text{--}1,7\text{ г/см}^3$). Для них характерна высокая дисперсность минеральной и органической частей и непрочность структурных агрегатов.

По «Классификации почв России» (2004) выделяется тип каштановые почвы АЖ-ВМК-САТ-Сса, относящийся к отделу аккумулятивно-карбонатных малогумусовых почв к стволу почв стлитогенных почв.

Тип каштановые почвы диагностируется по светлогумусовому горизонту АЖ, ксерометаморфическому ВМК и текстурно-карбонатному горизонтам. Светлогумусовый горизонт светло-серого или палево-серого цвета с комковатой структурой, мощностью до 15 см. Содержание гумуса 2,0—3,5 %, соотношение $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}} = 1$. Под светлогумусовым горизонтом залегает ксерометаморфический ВМК каштанового цвета, мощностью до 30—35 см, с ореховато-мелкопризматической структурой, содержит карбонаты. Под ксерометаморфическим горизонтом залегает текстурно-карбонатный САТ с карбонатными новообразованиями в виде белоглазки. Окраска неоднородная, на буром или желто-буром фоне наблюдаются темные полосы и пятна. Карбонатные новообразования встречаются на глубине 45—70 см. Легкорастворимые соли в подтипе солонцеватых каштановых почв залегают глубже 100 см, подтипе засоленных — до 100 см, в подтипе гидрометаморфизированных каштановых почв легкорастворимые соли на глубине 150—200 см.

Каштановые почвы обеспечивают хорошие урожаи сельскохозяйственных культур при условии оптимальной обеспеченности влагой. Поэтому в зоне сухих степей в сельскохозяйственном использовании каштановых почв первостепенное значение име-

ют мероприятия по накоплению и сохранению влаги в почве: плоскорезная обработка с сохранением стерни, посев кулис на паровых полях, посадка полезащитных лесных полос, проведение снегозадержания, мульчирование полей соломой. На легких каштановых почвах необходимо проводить противодефляционные мероприятия: почвозащитные севообороты, залужение многолетними травами при развитии ветровой эрозии почв. Большое значение имеет рациональная организация орошения, внесение органических и минеральных удобрений.

На каштановых почвах в комплексе с солонцеватыми и солонцами необходимо проведение мелиоративных мероприятий по улучшению водно-физических свойств.

11.7. Солонцы

К засоленным относят почвы, содержащие в своем профиле легкорастворимые соли в количествах, токсичных для растений. Эти почвы распространены в различных зонах: в сухих степях, полупустынях и пустынях, реже встречаются в лесостепной и таежно-лесной зонах. Большое распространение засоленные почвы имеют на территории Западной Сибири и в Поволжье.

Солонцы относят к засоленным почвам, они содержат водорастворимые соли не в верхнем горизонте, а в нижележающих горизонтах. ППК солонцов содержит большое количество обменного натрия, иногда в комплексе с магнием в иллювиальном горизонте.

Причинами образования засоленных почв являются засоленные почвообразующие породы, сильно минерализованные грунтовые воды и условия, способствующие аккумуляции солей в почвах.

Образующиеся при выветривании пород растворимые соли перемещаются с поверхностным стоком в реки, озера, моря и в бессточные понижения. При отступлении озер, морей, на суше остается большое количество легкорастворимых солей от морских соленосных остатков.

Характер распределения солей и их накопления в почве зависит от количества осадков, величины их испарения, рельефа местности, фильтрационных свойств материнских пород и почв. В условиях промывного водного режима и глубокого уровня

грунтовых вод соли вымываются из почвенного профиля в более глубокие слои, в грунтовые воды и не накапливаются в почве. При непромывном и выпотном водных режимах, особенно при близком уровне грунтовых вод, создаются условия для накопления солей в почвах. Такие условия для накопления солей в грунтовых водах и почвах характерны для сухих степей и пустынь.

На перераспределение и аккумуляцию растворимых солей оказывает влияние и растительность. На почвах с неглубоким уровнем сильноминерализованных грунтовых вод и засоленных почвах растут солеустойчивые травы, которые поглощают и накапливают в клетках тканей высокий процент солей. Зольность солеустойчивых трав может составлять 20—40 % сухого вещества. С опадом этих растений в верхний слой почвы поступает большое количество легкорастворимых солей. В условиях засушливого климата и выпотного водного режима соли могут накапливаться в почве и при потягивании и испарении засоленных грунтовых вод, которые при неглубоком залегании могут подниматься по капиллярам до самой поверхности почвы.

Причины образования солонцов различны. По теории К. К. Гедройца, солонцы образовались при рассолении солончаков, засоленных нейтральными солями натрия. В почвах с повышенным содержанием солей натрия почвенный поглощающий комплекс насыщен катионами натрия. Почвенные коллоиды, насыщенные натрием, сильно набухают, становятся устойчивыми к коагуляции. При обменной реакции между натрием в ППК и кальцием углекислых солей почвенного раствора появляется щелочная реакция:



Под влиянием щелочной реакции усиливается диспергирование почвенных коллоидов, которые выщелачиваются из верхнего горизонта почвы и накапливаются на различной глубине почвенного профиля под действием солей электролитов, превращаясь из золь в гели. Этот процесс приводит к образованию иллювиального (солонцового) горизонта солонцов. Высокая дисперсность солонцового горизонта обуславливает неблагоприятные водно-физические и химические свойства солонцов.

К. Д. Глинка поддерживал и развивал теорию К. К. Гедройца. Он считал, что для образования солонцов необходимы процессы засоления почв натриевыми солями и их рассоления. Многовековое чередование этих процессов приводит к образованию солонцов.

Почвенный профиль солонцов резко дифференцирован, он разделяется на отчетливо выраженные горизонты. Сверху гумусово-элювиальный (надсолонцовый) A_1 комковатой или пластинчатой структуры, обедненный илистой фракцией. Мощность гумусового горизонта от 3 до 20—25 см, цвет от светло-бурого до черного. Под ним формируется солонцовый (иллювиальный) горизонт B_1 , темно-бурый с коричневым оттенком, столбчатой, призматической или глыбистой структуры. Мощность солонцового горизонта 10—25 см, иногда более 25 см. Для этого горизонта характерно внедрение в ППК иона натрия, резкое повышение дисперсности органической и минеральной части, снижение устойчивости коллоидов к воде и щелочная реакция почвенного раствора — $pH_v = 9—11$. Горизонт при высыхании сильно уплотняется, а во влажном состоянии сильно набухает, становится вязким, бесструктурным, липким. Солонцовый горизонт характеризуется неблагоприятными агрономическими свойствами. Под ним формируется подсолонцовый горизонт B_2 более светлой окраски, содержащий гипс и карбонаты. Мощность горизонта B_2 — 20—30 см. Поглощенный натрий составляет 40—60 % от емкости поглощения, плотность высокая — 1,4—1,5 г/см³.

Горизонт B_2 переходит в солевой горизонт B_c с большим скоплением легкорастворимых солей. Под ним — материнская порода C_c .

По «Классификации почв СССР» (1977) в зависимости от геоморфологических и гидрологических условий формирования солонцов их делят на 3 типа: солонцы автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные.

Солонцы автоморфные образуются при нахождении засоленных почвообразующих пород близко к поверхности почвы. Грунтовые воды находятся на глубине более 6 м и не оказывают влияния на почвообразование. В таких солонцах карбонаты накапливаются на глубине 35—50 см. Ниже карбонатного горизонта накапливается гипс, глубже которого формируется горизонт максимального скопления легкорастворимых солей. Преобладает хлоридно-сульфатный тип засоления.

Солонцы полугидроморфные формируются в условиях дополнительного увлажнения за счет поверхностного стока и грунтовых вод, залегающих на глубине 3—5 м. В полугидроморфных солонцах карбонатный и гипсовый горизонты находятся на меньшей глубине: 30—35 см. Тип засоления хлоридно-сульфатный, встречается и содово-хлоридно-сульфатный.

Солонцы гидроморфные (луговые, лугово-болотные) формируются в условиях избыточного поверхностного и грунтового увлажнения, грунтовые воды залегают на глубине 3 и менее метров.

Солонцы луговые содержат большое количество солей непосредственно под солонцовым горизонтом. Лугово-болотные солонцы формируются в условиях избыточного увлажнения под мохово-травянистым покровом, имеют торфянистый надсолонцовый и глеевый подсолонцовый горизонты. Гидроморфные солонцы широко распространены в лесостепной зоне Западной Сибири.

По химическому составу, глубине и степени засоления солонцы подразделяют на роды. На виды солонцы делят по мощности гумусово-элювиального горизонта (A_1), по содержанию обменного натрия в горизонте B_1 , по степени осолодения. По мощности гумусово-элювиального горизонта: корковые (0—5 см), мелкие (5—10 см), средние (10—18 см), глубокие (>18 см). По содержанию обменного натрия в горизонте B_1 : малонатриевые — до 10 % от ЕКО, многонатриевые >25 % ЕКО.

Гумусово-элювиальный горизонт характеризуется легким гранулометрическим составом, он обогащен кремнеземом и беден полутораокисями. Иллювиальный горизонт обогащен илистой фракцией с преобладанием минералов монтмориллонитовой и гидрослюдистой групп, содержащих натрий.

Содержание натрия в горизонте B_1 колеблется от 10 до 80 % емкости поглощения. Натрия больше в солонцах содового типа засоления, которые имеют высокую щелочность ($pH = 8—10$).

Содержание гумуса колеблется от 2 до 6 %. Солонцы степной зоны каштановых почв менее гумусированы по сравнению с черноземной зоной. В составе гумуса преобладают фульвокислоты.

Солонцы характеризуются неудовлетворительными водными, химическими и физико-механическими свойствами: низкая водопроницаемость, большая величина максимальной гигроскопичности (МГ), щелочная реакция почвенного раствора.

Эти почвы занимают довольно большие площади. Наибольшее распространение они получили в Среднем и Нижнем Поволжье, в Западной Сибири. Солонцы чаще расположены на террасах озер, рек, террасированных склонах ложбин древнего стока, днищах логов и других понижениях.

По «Классификации почв России» (2004) солонцы в зоне черноземных почв чаще имеют содовый или сульфатно-содовый тип засоления. В составе солей преобладают карбонаты (Na_2CO_3), бикарбонаты натрия (NaHCO_3), сульфаты натрия, магния, кальция. По «Классификации почв России» (2004) выделяют следующие типы солонцов: солонцы темные AU-EL-BSNth-BMKth-BCAth-Cca, солонцы светлые AJ-EL-BSN-BMK-BCA-Cca, солонцы гидрометаморфические темные AU-EL-BSNth-BMKth,q-BCAth,q-Q-CQ, солонцы гидрометаморфические светлые AJ-EL-BSN-BMKq-BCAq-Q-CQ. Перечисленные типы солонцов относятся к отделу щелочно-глинисто-дифференцированных почв, к стволу постлитогенных почв. Отдел щелочно-глинисто-дифференцированных почв объединяет почвы с резкой элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля илистых частиц с обязательным наличием солонцового горизонта со столбчато-призматической структурой и неблагоприятными водно-физическими свойствами.

Профиль типа солонцов темных состоит из темногумусового горизонта AU буровато-серого цвета, мощностью от 5 до 20—25 см с содержанием гумуса 3—5 %. Под гумусовым залегает элювиальный горизонт EL светло-серого цвета. Под ним находится солонцовый столбчато-призматический горизонт BSNth темно-бурого или коричневого цвета мощностью 10—25 см. Ниже расположен ксерометаморфический горизонт BMKth коричневатого-бурого цвета, который содержит карбонаты, неоформленные в новообразования. Под ним формируется аккумулятивно-карбонатный горизонт BCAth более светлого цвета по сравнению с ксерометаморфическим горизонтом. Карбонаты в нем в виде ясно выраженных новообразований — пятен и других форм скоплений. В нижней части профиля солонцов темных содержится гипс и большое скопление легкорастворимых солей.

Гумусовый горизонт солонцов темных имеет нейтральную реакцию, солонцовый и подсолонцовый — щелочную. Солонцовый горизонт содержит большое количество обменного натрия — до 40—60 % от суммы обменных катионов.

Солонцы темные встречаются в лесостепной и степной зонах на засоленных породах без дополнительного увлажнения поверхностными или грунтовыми водами. По «Классификации почв СССР» (1977) солонцам темным соответствует подтип солонцов черноземных.

Солонцы светлые отличаются от темных светлогумусовым горизонтом с содержанием гумуса до 3 %, состав гумуса гумано-фульватный. Солонцы светлые характерны для южной части степной зоны и полупустыни, формируются на засоленных породах, встречаются в комплексе с каштановыми и бурыми почвами.

Солонцы гидрометаморфические формируются в степной зоне и полупустыне с неглубоким залеганием грунтовых сильно минерализованных вод. Под влиянием грунтовых вод ксерометаморфический и аккумулятивно-карбонатный горизонты имеют признаки гидрометаморфизации.

По «Классификации почв России» (2004) выделяют типы агросолонцов соответствующих естественных типов солонцов: агросолонцы темные P-BSNth-BMKth-BCAth-Cca, агросолонцы светлые P-BSN-BMK-BCA-Cca и др. Агросолонцы характерны наличием агрогенно-преобразованного горизонта, под которым находится ненарушенный или частично срезанный солонцовый горизонт. Формируются при сельскохозяйственном использовании соответствующих типов естественных солонцов.

Мелиорация и освоение этих почв является большим резервом увеличения продукции растениеводства и животноводства. Большую работу по изучению мелиоративных особенностей засоленных почв и разработке приемов мелиорации провели сотрудники Алтайского филиала проблемной лаборатории по химической и агротехнической мелиорации солонцов (И.Т. Трофимов, 1982).

Коренное улучшение солонцов включает гипсование, внесение органических и минеральных удобрений, послойную обработку и посевы солеустойчивых многолетних трав и однолетних культур. Применение мелиоративных обработок солонцов и посевы солеустойчивых культур (волоснец ситниковый, донник, житняк, костер безостый, пырей бескорневищный, суданская трава и др.) повышают продуктивность кормовых угодий в 2—5 раз (И. Т. Трофимов, 1982).

При послойной обработке солонцов нужно сначала обрабатывать гумусово-элювиальный горизонт (A_1) фрезой или тяжелыми дисковыми боронами, не задевая солонцовый слой, затем

проводить безотвальное рыхление солонцового горизонта рыхлителями солонцов РС-1,5 на глубину 30—35 см. После такой обработки в течение лета участок обрабатывается по типу черного пара. На следующий год после предпосевной обработки весной высевают семена солеустойчивых травосмесей.

Мелиорация солонцов содового типа засоления, особенно мелких с гумусовым горизонтом до 10 см, проводится гипсованием в сочетании с внесением удобрений.

Норму внесения гипса рассчитывают по содержанию обменного натрия в ППК:

$$D\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,086 (\text{Na} - 0,05E)h\text{dv},$$

где D — доза гипса, т/га;

0,086 — химический эквивалент гипса, г;

Na — содержание поглощенного натрия в мелиорируемом горизонте, мг·экв/100 г почвы;

E — емкость катионного обмена (ЕКО), мг·экв/100 г почвы, 5 % натрия от ЕКО не сказывается отрицательно на свойствах почвы;

h — мощность мелиорируемого слоя почвы, см;

dv — плотность почвы мелиорируемого слоя, г/см³.

Внесение гипса 10 т/га и минеральных удобрений ($\text{N}_{60}\text{P}_{60}$) под глубокую отвальную вспашку на 27—30 см снижает рН почвенного раствора на 1,5, количество легкорастворимых солей в 2 раза, уменьшает активность катиона Na в 8—10 раз на солонцах мелких многонатриевых. Урожайность сена многолетних трав (волоснец ситниковый, житняк ширококолосьй, регнерия волокнистая) повышается в 5—10 раз. Длительность последствий коренного улучшения солонцов сохраняется до 20 лет (И. Т. Трофимов, 1982).

К засоленным почвам относятся и солоди, которые распространены в лесостепи Западно-Сибирской низменности на отрицательных частях рельефа. По теории К. К. Гедройца, солоди образуются из солонцов при переувлажнении в понижениях рельефа и перемещении коллоидов и солей в глубь почвы. Происходит замещение обменного натрия на катионы водорода, щелочная реакция почвенного раствора изменяется на кислую. При устойчивом переувлажнении понижений происходит заболачивание солодей, на поверхности почвы образуется торфяной горизонт.

Солоди обладают низким плодородием, они малопригодны для земледелия. Пониженные элементы рельефа затрудняют использование этих почв.

11.8. Солончаки

Почвы, содержащие избыточное количество водорастворимых солей во всем профиле и особенно в поверхностных горизонтах (до 3 %), называют солончаками. Почвенный профиль солончаков слабо дифференцирован на генетические горизонты. По всему профилю солончака заметны выцветы солей. Образование засоленных почв обусловлено накоплением солей в грунтовых водах, материнских породах и зависит от условий, способствующих их аккумуляции в почвах. При выветривании горных пород образуется огромное количество растворимых солей, которые в процессе денудации поступают в большой биогеохимический круговорот веществ, аккумулируются в озерах, океанах и в бессточных бассейнах. При регрессии озер, морей и океанов донные соленосные осадки становятся источником огромного количества легкорастворимых солей на суше.

Большое влияние на аккумуляцию солей в почвах оказывает растительность. Солеустойчивые растения (солянки, полынь, саксаул, кермек, бескильница и др.) поглощают соли из близлежащих засоленных грунтовых вод и накапливают их в своем составе. При минерализации опада этих растений соли накапливаются в профиле почв.

По «Классификации почв СССР» (1977) солончаки по условиям формирования подразделяют на 2 типа: автоморфные и гидроморфные.

Аutomорфные солончаки формируются на засоленных почвообразующих породах при глубоком залегании грунтовых вод (>6 м). Материнскими породами являются элювий и делювий третичных древних отложений, морские засоленные породы четвертичного периода.

Гидроморфные солончаки развиваются при близком уровне сильноминерализованных грунтовых вод. Высокое содержание водорастворимых солей наблюдается по всему профилю почвы с максимальной концентрацией в верхних горизонтах.

Соровые солончаки формируются в результате испарения поверхностной воды мелких соленых озер. Дно высохших озер покрыто слоем солей. На таких солончаках растительность отсутствует.

Олово-бугристые солончаки формируются при переносе сильно засоленных осадочных пород ветром и аккумуляции их в различных местах, например в понижениях, около кустов.

Вторичные солончаки образуются при нарушении режима орошения, вызывающего подъем грунтовых засоленных вод и накопление легкорастворимых солей в поверхностных горизонтах почвы.

В профиле солончаков илистые частицы, кремний и полуторные оксиды распределены равномерно. Легкорастворимые соли сдерживают диспергирование органических и минеральных частиц и их перенос вниз по профилю. Поэтому профиль типичных солончаков слабо дифференцирован на горизонты.

Солончаки относятся к малогумусным почвам, в составе гумуса преобладают фульвокислоты. Низка емкость поглощения, в составе обменных оснований большую часть составляют кальций, магний, натрий. В солончаках содового засоления преобладает натрий.

Кислотность солончаков колеблется от слабощелочной ($\text{pH} = 7,3\text{--}7,5$) до высокой щелочности ($\text{pH} = 9\text{--}11$) в содовых солончаках.

Высокая концентрация солей в почвенном растворе препятствует поступлению воды в растения, нарушается обмен веществ в клетках, и растения погибают. Токсичность солей зависит от их химического состава и растворимости; она возрастает от сульфатного типа засоления к содовому.

По «Классификации почв России» (2004) выделяют следующие типы солончаков: солончаки темные $\text{S[AU]}-\text{Cs}, \text{q}$, солончаки глеевые $\text{Sg}-\text{Cs}-\text{CGs}$, солончаки $\text{S}-\text{Cs}, \text{q}$, солончаки сульфидные (соровые) $\text{S}-\text{SS}-\text{Gs}$, солончаки вторичные S[A-B-C] . Типы солончаков относятся к отделу галоморфных почв, стволу постли-тогенных почв.

Большинство культурных растений не могут расти и обеспечивать удовлетворительный урожай при повышенном содержании водорастворимых солей в солончаках. Поэтому для освоения солончаков нужно проводить сложные мелиоративные мероприятия, из которых самым эффективным является промывка с устройством дренажа и отводом промывных вод. Такое освое-

ние солончаков возможно на орошаемых полях с глубоким заглублением грунтовых вод.

На неорошаемых площадях, с близким уровнем грунтовых вод, особенно в замкнутых бессточных понижениях, солончаки используют как природные малопродуктивные пастбища. Для повышения продуктивности таких кормовых угодий проводят улучшение многолетними солеустойчивыми травами: ломкокошачьим, ситниковым, пыреем бескорневищным и др. (И. Т. Трофимов, 1982).

11.9. Аллювиальные почвы

Аллювиальными называют почвы, образовавшиеся на аллювиальных отложениях речных долин, периодически заливаемых паводковыми водами. Пойма — часть речной долины, затопляемая водой во время разливов рек. Характерной особенностью почв пойм является их разновозрастность и динамичность. Они имеют наименьший абсолютный возраст, так как ежегодно при разливах рек могут разрушаться водами, а после окончания паводков на новых аллювиальных отложениях заново начинается почвообразовательный процесс. Поэтому в пойме почвы находятся на самых начальных стадиях почвообразования до сформированных аллювиальных почв, а на повышенных незатопляемых участках поймы распространены зональные типы почв, характерные для той зоны, где протекает река.

Аллювиальные почвы имеют высокое природное плодородие, на них зачастую размещены ценные сельскохозяйственные угодья. Систематические отложения речного ила на пойме при разливах рек являются агентом естественного удобрения, повышающего плодородие пойменных почв. Большие площади аллювиальных почв находятся в поймах крупных рек — Дона, Волги, Оки, Камы, Печоры, Оби, Иртыша, Енисея, Лены, Амура и др.

На образование почв пойм кроме основных пяти факторов и производственной деятельности человека большое влияние оказывают поемные и аллювиальные процессы. *Под поемными* процессами понимают затопление поймы водой во время разливов рек. Паводковые воды дополнительно увлажняют почвы пойм, изменяют уровень грунтовых вод, оказывают влияние на микробиологические процессы, на солевой и окислительно- восстано-

вительный режимы, состав и продуктивность растительных формаций.

Длительность затопления поймы оказывает огромное влияние на почвообразовательный процесс и использование почв пойм. По продолжительности затопления поймы выделяют следующие виды поемности:

- короткая поемность при затоплении водой сроком до 7 дней. Такой срок затопления переносит большинство растений;
- средняя поемность — 7—15 дней. Этот срок затопления водой хорошо переносят большинство многолетних трав. Он отрицательно влияет на однолетние растения;
- продолжительная поемность — 15—30 дней, исключает выращивание однолетних полевых культур. Выдерживают такой срок затопления некоторые многолетние травы: пырей ползучий, костер безостый, лисохвост луговой, мятлик луговой, полевица белая, горошек мышиный, чина луговая, канареечник тростниковидный и др.;
- очень продолжительная поемность — более 30 дней. Такое длительное затопление переносят влаголюбивые злаки (тростник, манник, бекмания), осоки, ситники и малоценное разнотравье болотного типа.

В поймах рек встречается и древесно-кустарниковая растительность, состав которой зависит от природных особенностей зоны, в которой протекает река. В поймах рек таежно-лесной зоны встречаются береза, пихта, ель, осина; в лесостепной и степной зонах — вяз, клен, ива, тополь, калина, черемуха, ежевика и др.

Под аллювиальными процессами понимают перемещение с водой взмученных частиц почвы, горных пород различных фракций (гравий, песок, пыль, ил) и оседание этих частиц из воды на поверхность поймы в виде аллювиальных отложений (аллювия). После ливневых дождей и весеннего снеготаяния происходит смыв почвенных частиц и горных пород поверхностным стоком со всего водосборного бассейна. Во время разливов рек эти частицы оседают на поймах по мере уменьшения скорости течения воды.

При большой скорости течения воды оседают частицы крупных фракций (гравий — 1—3 мм, песок — 1—0,25 мм). При замедлении скорости течения оседают пыль и ил. Скорость течения реки во время разлива уменьшается в направлении от русла

к коренному берегу. В связи с этим в поймах больших рек различаются три части: прирусловая, ближайшая к руслу; центральная, или средняя; притеррасная, удаленная от русла и прилегающая к коренному берегу или приречным террасам. Эти части поймы отличаются по составу аллювиальных отложений, рельефу, условиям увлажнения, по составу растительности и почвам.

На прирусловой части поймы скорость течения реки велика, здесь оседают крупные фракции (гравий, песок). Поэтому прирусловая пойма характеризуется волнистым рельефом с песчаными отложениями и приподнятыми участками — «гривами», которые чередуются с понижениями.

Растительность на прирусловой пойме чаще изрежена. Растительные формации относительно бедны: здесь произрастают лишь небольшой набор видов трав и кустарников. Преобладают корневищные злаки, требовательные к влаге и аэрации почвы. По расположению на рельефе выделяют луга трех типов:

- а) высокого уровня;
- б) среднего уровня;
- в) низкого уровня.

Луга высокого уровня расположены на вершинах грив и малопродуктивны. На склонах грив находятся луга среднего уровня, травостой которых более разнообразен и продуктивен. В понижениях между гривами расположены луга низкого уровня, благоприятными условиями увлажнения и питательного режима. Луга низкого уровня заняты разнотравно-злаковыми ассоциациями с преобладанием пырея ползучего, ковра безостого, плевисы белой, бекмании, мятлика лугового, канареечника. Травостой на лугах низкого уровня высокоурожайны.

Центральная пойма, самая большая по площади, тоже подразделяется на луга высокого, среднего и низкого уровней с различным травостоем. Рельеф центральной части поймы более выровнен по сравнению с прирусловой. Здесь преобладают глинистые аллювиальные отложения. На центральной пойме более разнообразен травостой, имеющий большую урожайность.

Притеррасная пойма занимает в катене подчиненное положение, скорость течения реки здесь медленнее, длительность затопления больше, аллювиальные отложения состоят из пылеватых и илистых частиц. Из-за пониженного уровня притеррасная часть поймы часто избыточно увлажнена или даже заболочена. В травостое преобладают влаголюбивые злаковые травы, разно-

травье, а на заболоченных местах — осоки и болотная растительность.

Преобладающей растительностью на поймах рек является травянистая (луговые травы). Поэтому определяющим почвообразовательным процессом является дерновый, его особенностью является накопление гумуса, элементов питания для растений и образование водопрочной структуры в верхнем горизонте под луговой растительностью.

Степень развития дернового процесса зависит от вида аллювиальных отложений, их химического состава, водного режима на разных уровнях рельефа поймы. На развитие дернового процесса влияют условия той зоны, в которой расположена пойма.

По «Классификации почв СССР» (1977) в зависимости от особенностей почвообразования в поймах рек Г. В. Добровольский (1968) выделил три группы аллювиальных типов почв: дерновые, луговые и болотные.

Аллювиальные дерновые почвы образуются в лесной, лесостепной и степной зонах на прирусловой и центральной частях поймы высокого уровня. Грунтовые воды на повышенных элементах рельефа находятся на большой глубине и не оказывают влияния на почвообразовательный процесс. Аллювий состоит в основном из песчаных фракций.

Оглеение в аллювиальных дерновых почвах отсутствует. Мощность гумусового горизонта колеблется от 5 до 20 см, содержание гумуса в горизонте A_1 — от 1,5 до 9 %. По содержанию гумуса в горизонте A_1 выделяют виды:

- а) малогумусные — менее 3 %;
- б) среднегумусные — 3—5 %;
- в) многогумусные — более 5 %.

Для аллювиальных дерновых почв характерны высокая аэрация и водопроницаемость.

Аллювиальные луговые почвы образуются, как правило, на центральной части поймы среднего уровня на суглинистом и глинистом аллювии, встречаются по пониженным местам и на прирусловой пойме под луговой растительностью. Грунтовые воды находятся на глубине 1—2 м и подпитывают луговые травы, в этих условиях создаются благоприятные предпосылки для развития дернового процесса. Поэтому такие почвы имеют хорошо оструктуренный гумусовый профиль, обладают высоким плодородием.

Аллювиальные луговые почвы пойм имеют следующее строение профиля: A_d — дернина, густо переплетенная живыми и отмершими корнями и корневищами луговых трав; A_1 — гумусовый горизонт темно-серой окраски; B_1 — переходный гумусовый горизонт серого цвета с признаками оглеения (B_{1g}); B_{2g} — переходный горизонт с отчетливым оглеением в виде грязно-сизого цвета; C_g — суглинистый и глинистый аллювий. Мощность гумусового слоя ($A_1 + B_1$) колеблется от 35 до 70 см и более, гумусность составляет 3—12 %.

Аллювиальные болотные почвы образуются на центральной и притеррасной частях поймы низкого уровня под травянистой, древесно-кустарниковой растительностью в условиях избыточного поверхностного и грунтового увлажнения. В этих почвах накапливаются органические вещества в виде иловато-перегнойной массы и торфа, сильно развит процесс оглеения.

Аллювиальные болотные торфянистые почвы имеют торфяной горизонт не более 50 см. Торфяная масса заилена. Под торфяным горизонтом находится оглеенная порода сизого или голубоватого цвета различного гранулометрического состава.

Подтип аллювиальные болотные торфяные почвы полностью состоит из заиленной торфяной массы разной степени разложения. Торфяной горизонт имеет мощность более 50 см, ниже находится торфопорода, под которой расположены сильно оглеенные минеральные породы.

Кроме аллювиальных процессов и поемности на почвообразовательный процесс в поймах рек большое влияние оказывают условия, присущие той зоне, в которой находится пойма реки. Это влияние проявляется сильнее на поймах малых рек. Например, в поймах рек лесостепи и степи находятся площади, редко затопляемые паводковыми водами, на которых в зависимости от рельефа, растительности и материнских пород образуются почвы, характерные для внепойменных пространств той зоны, по которой протекает река (серые лесные, выщелоченные черноземы и др.). На поймах в степной зоне при близком уровне засоленных вод образуются пойменные солончаковатые и солонцеватые почвы.

Плодородие аллювиальных луговых почв изменяется в зависимости от гранулометрического состава аллювия, мощности гумусового слоя и содержания гумуса, интенсивности оглеения и гидрогенной аккумуляции веществ, реакции почвенного раствора, содержания подвижных оксидов железа и алюминия.

В кислых почвах пойм лесной зоны в связи с понижением интенсивности нитрификации и закреплением фосфатов оксидами железа ухудшаются азотный и фосфорный режимы.

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) выделяют следующие типы аллювиальных почв: аллювиальные серогумусовые (дерновые) АУ-С[~], аллювиальные темnogумусовые АУ-С(са)[~], аллювиальные торфяно-глеевые Н-Г-СГ[~] и др. Типы аллювиальных почв относятся к отделу аллювиальных, стволу синлитогенных почв. Аллювиальные почвы формируются при ежегодном отложении на поверхности речного или озерного аллювия мощностью до 20 см различного гранулометрического состава. Отдел подразделяется на типы по особенностям органо-генного, гумусового, глеевого и гидрометаморфического горизонтов.

Тип аллювиальные серогумусовые (дерновые) почвы диагностируется по серогумусовому горизонту серого или буровато-серого цвета мощностью 20—30 см. Содержание гумуса 3—6 %. Реакция среды кислая или слабокислая, насыщенность ППК основаниями 60—80 %. Формируются на центральной пойме высокого и среднего уровня при кратковременном затоплении паводковыми водами. По «Классификации почв СССР» (1977) этому типу соответствуют аллювиальные дерновые кислые почвы.

Тип аллювиальные темnogумусовые почвы диагностируется по наличию темnogумусового горизонта мощностью до 50 см. Содержание гумуса 4—9 % гуматного состава. Структура зернисто-комковатая водопрочная. ППК насыщен основаниями, реакция среды нейтральная или слабощелочная. Под гумусовым горизонтом встречаются карбонаты.

Тип аллювиальные торфяно-глеевые почвы характерен наличием торфяного и глеевого горизонтов. Торфяной горизонт темно-бурого или черного цвета, торф разложившийся, зольность до 30 %. Под торфяным залегает глеевый горизонт. Реакция почв близкая к нейтральной. Формируются в понижениях центральной и притеррасной поймы при избыточном увлажнении, создаваемом паводковыми и грунтовыми водами, а также поверхностным стоком с повышенных элементов рельефа.

Использование почв пойм усложняется большой контурностью. Периодическое затопление поймы водой при весеннем и летнем разливах рек, невыровненный рельеф, наличие замкнутых блюдцеобразных понижений с избыточным увлажнением — все это затрудняет использование почв пойм в полеводстве.

В связи с этим почвы пойм используются в основном как пастбищные, сенокосно-пастбищные угодья и в меньшей степени — для полевых и овощных культур.

Для повышения продуктивности сенокосов и пастбищ в поймах проводят приемы поверхностного и коренного улучшения. Поверхностное улучшение включает приемы по удалению кустарников, кочек, сорных растений, уборке наносного мусора, улучшению водного, воздушного и пищевого режимов.

На лугах с преобладанием корневищных трав проводят обработку тяжелой дисковой бороной, вносят минеральные удобрения, подсевают травосмеси на сильно изреженных участках. Такой прием в луговодстве называют омоложением лугов.

При коренном улучшении малопродуктивных лугов проводят глубокую обработку почвы с уничтожением всей «выродившейся» растительности и выравниванием поверхности почвы при последующих обработках. На кислых почвах проводят известкование, на солонцах — гипсование. Заболоченные участки пойм осушают путем устройства водосбросных каналов. После завершения мелиоративных работ проводят залужение лугов подобранными к конкретным условиям травосмесями и организуют их рациональное использование.

11.10. Торфяные почвы

По «Классификации и диагностике почв России» (2004) выделяют типы торфяных почв: торфяные олиготорфные ТО-ТТ, торфяные эутрофные ТЕ-ТТ, сухоторфяные ТЈ-ТТ-Д, относящиеся к отделу торфяных, стволу органогенных почв. Почвы отдела торфяных почв диагностируются по наличию поверхностного торфяного горизонта мощностью более 50 см.

Тип торфяных олиготрофных почв диагностируется по наличию олиготрофно-торфяного горизонта светлой окраски, мощностью до 50 см, состоящего в основном из сфагновых мхов. Степень разложения до 50 % с низкой зольностью. Реакция среды кислая. Формируются в таежно-лесной зоне и в тундре в условиях избыточного увлажнения под олиготрофной растительностью с преобладанием сфагновых мхов. Сфагновые мхи накапливают воду в десятки раз больше своего сухого вещества, поэтому они способствуют переувлажнению и заболачиванию.

Тип торфяные эвтрофные почвы диагностируется по наличию эвтрофно-торфяного горизонта бурого цвета, мощностью до 50 см. Степень разложения выше по сравнению с олиготрофно-торфяным горизонтом, зольность 6—18 %. Под ним залегает разложившаяся торфяная толща темно-коричневого цвета. Реакция среды кислая или нейтральная. Торфяные эвтрофные почвы образуются в пониженных элементах рельефа с подпитыванием минерализованными грунтовыми водами. Эвтрофная растительность состоит из осок, тростников, гипновых мхов, зарослей ольхи и других гидроморфов, требовательных к повышенному содержанию питательных элементов в субстрате произрастания. По «Классификации почв СССР» (1977) торфяным эвтрофным почвам соответствуют торфяные болотные низинные почвы.

Торфяные почвы занимают большие площади в Российской Федерации, и освоение их имеет большое значение. На освоенных торфяных почвах выращивают высокие урожаи сена, кормовых корнеплодов, картофеля и других культур.

Глава 12

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

Площадь Российской Федерации составляет 1709,5 млн га. Из них только 13 % занимают сельскохозяйственные угодья. Площадь пашни составляет 129,58 млн га, или 7,58 %; сенокосов — 23,12 млн га, или 1,35 %; пастбищ — 64,5 млн га, или 3,77 %.

На одного человека в России приходится 0,89 га пашни, что значительно больше, чем в других странах. Больше половины пашни расположено на черноземах, серых лесных, каштановых и пойменных почвах. Но пахотные угодья расположены в основном между 50° и 80° северной широты. Поэтому около половины площади пашни по тепловым свойствам почв, особенно по суровости зимних почвенных условий и длине периода вегетации растений, малопригодны для выращивания теплолюбивых культур, например кукурузы и сои на зерно, плодовых и цитрусовых. Для большинства почв России характерны сезоннопромерзающий и длительно сезоннопромерзающий типы температурного режима.

Более 10 % площади пашни России находится на территории с недостаточным количеством осадков с периодически промывным и непромывным типами водного режима, с частыми повторениями засушливых лет.

В связи с ограниченностью плодородия почв России по температурному и водному режимам необходимы большие затраты для улучшения водного, теплового и питательного режимов с целью получения устойчивых высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Кроме неблагоприятного сочетания климатических условий большое отрицательное влияние на плодородие почв оказывает антропогенный фактор — неумелое неграмотное пользование, низкая культура земледелия и негативная деятельность людей (различные виды техногенного загрязнения, отчуждение пахот-

ных угодий под строительство, вскрышные работы при добыче полезных ископаемых открытым способом и др.).

Из-за низкой культуры земледелия на пахотных угодьях установлено снижение содержания гумуса в пахотном слое почв. Большие площади подвержены водной и ветровой эрозии, разрушаются водоэрозионной сетью. На значительной площади орошаемой пашни произошло вторичное засоление почв.

Техногенное загрязнение почв приводит к сокращению числа полезных почвенных микроорганизмов и дождевых червей. В связи с этим снижается биологическая активность почв, увеличивается количество патогенных грибов, токсичных для растений.

Снижение плодородия почв стало особенно заметным в годы перестройки в России, годы проведения земельной реформы. Была отменена монополия государственной собственности на землю, узаконены частная индивидуальная, общая совместная, муниципальная собственность. При образовании крестьянских хозяйств, получении земель в аренду угодья были получены гражданами, не имеющими знаний и навыков по использованию плодородия почв. Трудное финансово-экономическое положение крестьянских хозяйств и сельскохозяйственных производственных кооперативов привело к отрицательным последствиям в земледелии.

Отрицательные последствия перестроечного периода (1995—2000 гг.) можно проследить на примере земледелия в Алтайском крае. Всего сельхозугодий в крае — 10 456 тыс. га, из которых 6596 тыс. га пашни; 1087 тыс. га сенокосов; 2510 тыс. га пастбищ. За 10 лет (1990—2000 гг.) площадь пашни в Алтайском крае уменьшилась на 401 тыс. га, орошаемых земель на 57,2 тыс. га, снизилась продуктивность сельскохозяйственных угодий. Увеличиваются потери гумуса, в среднем с каждого гектара пашни ежегодно теряется 0,57 т гумуса из-за развития эрозионных процессов.

По данным Алтайского агрохимцентра, при сложившейся системе земледелия суммарный вынос азота, фосфора и калия с 1 га пашни за 1 год составляет 78,9 кг, а внесение удобрений только 29,8 кг, т. е. 37,7 % от выноса с урожаями культур. Отрицательный баланс в почвах составляет по азоту и калию — 28—31 %, по фосфору — 82 %. При таком неполном воспроизводстве почвенного плодородия требуется принятие экстренных мер по устранению негативных процессов и расширенному воспроизводству плодородия почв.

Продуктивность природных кормовых угодий невелика, большие площади подвержены водной эрозии и дефляции.

Состояние почвенных ресурсов вызывает необходимость проведения комплекса мероприятий по охране почв от физического разрушения под влиянием водной и ветровой эрозии, от техногенного загрязнения и других негативных воздействий антропогенного характера.

Для рационального использования почвенных ресурсов необходимо провести детальный учет особенностей почвенного покрова всех сельскохозяйственных угодий. Основой точного учета земель являются материалы почвенных и геоботанических обследований — почвенные карты, агрохимические картограммы с пояснительными почвенными очерками, содержащими подробную характеристику почв и рекомендации по их рациональному использованию. Почвенные карты, картограммы и пояснительные очерки к ним необходимы для учета почвенных ресурсов землепользователей всех форм собственности, внутрихозяйственного землеустройства территории, разработки систем земледелия, выявления почв, нуждающихся в мелиоративных мероприятиях.

Землеустройство является основой государственной земельной политики, управления почвенными ресурсами, научнообоснованного перераспределения, использования и охраны почв. В Российской Федерации принят Закон «О государственном земельном кадастре» (от 2 января 2000 г. № 28-ФЗ).

Государственный земельный кадастр (ГЗК) — это систематизированный свод документированных сведений, полученных в результате проведения государственного кадастрового учета земельных участков, о местоположении, целевом назначении и правовом положении земель Российской Федерации. ГЗК имеет большое значение в организации рационального использования земель, является установленной государством системой учета, регистрации и оценки земель. Он содержит необходимые сведения и документы о правовом режиме земель, их распределении по землевладельцам, землепользователям и арендаторам, о качественной характеристике и ценности земли.

Данные ГЗК строго обязательны при планировании использования и охраны земель, при их предоставлении или изъятии, определении платежей за землю, проведении землеустройства, оценке использования земель.

Внедрение Государственного земельного кадастра в отдельных регионах возложено на «Комитеты по земельным ресурсам и землеустройству». Например, в Алтайском крае — «Комитет по земельным ресурсам и землеустройству Алтайского края» с подразделениями в городах и районах края.

Основными задачами службы земельного кадастра в России являются:

- обоснование и реализация государственной политики в организации рационального использования и охраны всех категорий земель независимо от форм собственности на землю;
- проведение инвентаризации и выявление нерационально используемых и неиспользуемых земель. Обеспечение их целевого использования;
- разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства, по рекультивации нарушенных земель, защите почв от водной и ветровой эрозии, конструированию агроландшафтов;
- государственный контроль за использованием и охраной земель, проверка и экспертиза качественного состояния земель, принятие мер по устранению нарушений земельного законодательства;
- ведение земельного кадастра (регистрация, учет и оценка земель);
- ведение мониторинга земель.

Большое значение в повышении эффективности использования земель имеет их мониторинг, представляющий собой систему наблюдений за состоянием земельного фонда в целях своевременного выявления изменений, предупреждения и устранения последствий негативных процессов. Постановлением Правительства Российской Федерации «О мониторинге земель» (№ 491 от 15 июля 1992 г.) организована государственная система мониторинга земель. Для реализации этой системы созданы пять институтов мониторинга земель и экосистем. За Уралом организован один — Алтайский институт мониторинга земель и экосистем (АлтайИМЗ), объектом которого является земельный фонд всей Сибири независимо от формы собственности на земельные участки, целевого назначения и характера использования.

Основное содержание работ мониторинга составляют систематические наблюдения (съемки, обследования и изыскания) за состоянием земель, выявление изменений и оценка состояния

землепользований, угодий, полей, участков, за изменением плодородия почв (развитие водной и ветровой эрозии, потери гумуса, ухудшение структуры почв, засоление, загрязнение земель пестицидами, тяжелыми металлами, радиоактивными веществами).

Научно-методическое обеспечение кадастровых работ, обеспечение материалами топографо-геодезических, картографических, почвенных, агрохимических, геоботанических исследований и изысканий, автоматизацию проводимых работ ведут научно-исследовательские институты и проектные организации по землеустройству. В Алтайском крае — ОАО ЗапСибНИИгипрзем, Алтайский институт мониторинга земель и экосистем.

Большое научно-производственное значение имеет качественная оценка (бонитировка) почв — сравнительная характеристика качества почв (в баллах) на основании почвенных исследований. Бонитировка почв необходима для экономической оценки земель, ведения земельного кадастра, разработки систем земледелия, проведения мелиоративных работ и др. Она является объективной основой для установления цены на землю разных угодий, ставок налогообложения и аренды.

В основу качественной оценки почв В. В. Докучаев положил их свойства: мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, характер материнской породы, содержание основных элементов питания растений, поглотительная способность почв, влагоемкость, теплоемкость и др. Одновременно оценивали почву по величине урожайности сельскохозяйственных культур.

Современные методы бонитировки почв основываются на принципах, предложенных В. В. Докучаевым, но свойства почвы увязываются с агроклиматическими условиями в тесной связи с урожайностью сельскохозяйственных культур. Из агроклиматических показателей с урожайностью связаны такие показатели, как сумма активных температур, коэффициент увлажнения (по Г. Н. Высоцкому — Н. Н. Иванову), гидротермический коэффициент (по Г. Т. Селянинову), степень континентальности климата.

Для черноземных почв Алтайского края сотрудниками кафедры почвоведения и агрохимии Алтайского аграрного университета под руководством профессора Л. М. Бурлаковой разработан метод бонитировки, сущность которого заключается в создании модели урожайности яровой пшеницы в зависимости от почвенных и метеорологических факторов (Л. М. Бурлакова,

1984). При оценке качества черноземов учитывались восемь почвенных показателей: мощность гумусового горизонта (M_{A+AB} , см); $pH_{вод}$ в слое 0—20 см; гумус в слое 0—20 см, %; азот валовой в слое 0—20 см, %; фосфор валовой в слое 0—20 см, %; азот нитратов перед посевом в слое 0—40 см, мг/кг почвы; фосфор (по Ф. В. Чирикову) перед посевом в слое 0—20 см, мг/100 г; подвижный калий перед посевом в слое 0—20 см, мг/100 г почвы и два климатических показателя: гидротермический коэффициент мая—июня ($ГТК_1$) и вегетационного периода май—август ($ГТК_2$). Определена урожайность яровой пшеницы по каждому состоянию всех десяти изучаемых показателей. Каждой величине урожайности присвоен ранг (разряд, категория). Например, при содержании гумуса в слое 0—20 см 4,1—5,1 % урожайность яровой пшеницы составляет 0,6—0,8 т/га — присвоен ранг — 2, а при содержании гумуса 7,1—8,0 % урожайность составляет 1,8—2,0 т/га — присвоен ранг — 6.

По рангам урожайности, соответствующим каждому состоянию изучаемых показателей, рассчитывают балл почвенный (БП) и балл почвенно-климатический бонитировочный (БПК). В соответствии с этим методом бонитировки выделены шесть категорий оценок черноземов (табл. 16).

Таблица 16. Оценка черноземов Алтайского края по рангам урожайности яровой пшеницы

Урожайность, т/га	БПК ₁₀₀	БПК (ранговый)	Категория почвы
1,8	95	5,56	I
1,5—1,79	78—94	4,56—5,55	II
1,2—1,49	61—77	3,56—4,55	III
0,9—1,19	44—60	2,56—3,55	IV
0,6—0,89	27—43	1,56—2,55	V
0,59	26	1,55	VI

По этой методике бонитировки оцениваются почвы в Алтайском крае.

Рациональное использование почвенных ресурсов должно основываться на освоении зональных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые обеспечивают эффективное использование каждого участка земли с сохранением экологических и природоохранных функций экосистем.

Для разработки и внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима агроэкологическая оценка земель. При дифференцированной оценке земель за исходную единицу принимают элементарный ареал агроландшафта (ЭАА) — участок территории на мезорельефе, представленный одним типом почвы или микрокомбинацией почв.

Для водораздельных территорий (холмы, бугры, гривы, увалы) характерны процессы выноса различных веществ нисходящим током воды. На склонах водоразделов наряду с выносом веществ присущи процессы их транспортировки с вышележащих частей склона в нижележащие. Для замкнутых и открытых понижений (приозерные котловины, водоемы, речные долины и др.) характерна аккумуляция веществ, перемещаемых водотоками с водораздельных и склоновых территорий.

Совокупность сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой условиями миграции и аккумуляции химических соединений, Б. Б. Полынов называл геохимическим ландшафтом. Геохимический ландшафт — территория с водораздельными участками, склонами и понижениями (депрессиями).

По характеру миграции и аккумуляции химических соединений в геохимическом ландшафте выделяют три категории элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ):

1. Элювиальные (автоморфные) — это водораздельные территории с независимым от грунтовых вод почвообразовательным процессом, отсутствием аккумуляции химических соединений с потоками воды, расходом веществ при поверхностном стоке и просачивании в подпочвенные горизонты.

2. Транзитные ландшафты — это склоны водоразделов и других повышений, в которых наряду с выносом веществ частично аккумулируются некоторые химические соединения.

3. Аккумулятивные ландшафты — это прилегающие к склонам территории, на которых аккумулируются химические соединения, переносимые поверхностным стоком и грунтовыми водами. К ним относятся поймы рек, озер, надпойменные террасы, котловины с близким залеганием грунтовых вод, водоемы и понижения другого генезиса.

Классификация элементарных геохимических ландшафтов служит научной основой для разработки и внедрения адаптивно-агроландшафтных систем земледелия в сельском хозяйстве, является объективной основой для агроэкологических ограниче-

ний на внесение минеральных удобрений, пестицидов и других ядохимикатов при организации системы защиты растений.

Агроэкологическая характеристика земель имеет большое значение при планировании и проведении мероприятий по защите почв от эрозии: организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических.

Для определения экономического потенциала земельных ресурсов необходима оценка их качества по экономическим показателям, важнейшими из которых являются общая стоимость получаемой продукции (валовой доход), общая величина затрат на получение продукции и чистый доход, как разница между валовым доходом и затратами, связанными с производством продукции.

Совместное использование показателей качественной, экономической оценок, агроэкологической характеристики земель позволит объективно установить цену на землю, оценить хозяйственную деятельность собственников, пользователей и арендаторов земель, организовать более рациональное использование почвенных ресурсов и их аренду.

ЧАСТЬ 2

ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Глава 13

ФАКТОРЫ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЗАКОНЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

13.1. Факторы жизни растений и задачи земледелия

Земледелие — раздел агрономии, изучающий общие приемы возделывания сельскохозяйственных растений, разрабатывающий способы наиболее рационального использования сельскохозяйственных угодий и повышения плодородия почв с целью получения высоких, устойчивых урожаев, обеспечения населения продуктами питания, животноводства — кормами, некоторых отраслей промышленности — сырьем. Основной задачей земледелия является изучение требований растений и разработка приемов удовлетворения этих требований путем регулирования факторов жизни растений, создания оптимальных условий для роста и развития культурных растений.

Почвенно-климатические условия оказывают решающее влияние на специализацию земледелия, на состав возделываемых культур, которые более приспособлены к этим условиям и обеспечивают высокие и устойчивые урожаи хорошего качества. Для роста и развития растений требуется наличие пяти основных факторов: свет, тепло, вода, воздух и элементы питания.

Свет и тепло относят к космическим факторам, остальные — к земным. Наука земледелие разрабатывает приемы оптимизации факторов жизни растений применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. Повышение коэффициента использования физиологически активной радиации (ФАР), разработка приемов обработки почвы, направленных на улучшение теплового, водного, воздушного и пищевого режимов почвы, на борьбу с сорными растениями, вредителями и болезнями культурных растений, являются основными задачами земледелия.

В связи с интенсификацией растениеводства возникает необходимость повышения трансформации функции почвы, т. е. способности поглощать, удерживать и передавать растениям внесенные земледельцами дополнительно воду и элементы питания. Для этого нужно улучшать свойства почвы, вести расширенное воспроизводство ее плодородия.

Земледелие — наука о рациональном, технологически, экологически и экономически обоснованном использовании, восстановлении и повышении плодородия почв как основы получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур. Земледелие как наука развивается на достижениях фундаментальных дисциплин: почвоведения, физиологии растений, физики, химии, микробиологии, агрохимии, растениеводства, землеустройства, мелиорации, экологии, экономики и др.

13.2. Основные законы земледелия и их реализация

Теоретической основой и руководством в практической работе земледельцам служат законы действия и взаимовлияния факторов жизни в процессе роста и развития растений. В агрономической науке сформулировано пять законов земледелия.

1. Закон равнозначимости и незаменимости факторов жизни растений.

2. Закон минимума.

3. Закон минимума, оптимума, максимума.

4. Закон совокупного действия факторов жизни растений.

5. Закон возврата.

Закон равнозначимости и незаменимости факторов жизни растений утверждает, что для роста и развития растений необходимы все блокирующие факторы в нужных количествах и ни один

из них не может быть заменен другим. Отсутствие одного из элементов питания растений, например калия, нельзя заменить даже близким по химическим свойствам натрием. Точно так же недостаток одного из факторов нельзя компенсировать избытком другого, например недостаток воды избытком вносимых удобрений, и т. д.

Закон минимума утверждает, что величина урожая ограничивается фактором, находящимся в минимуме. Согласно этому закону необходимо прежде всего увеличивать фактор, находящийся в минимуме. Немецкий химик Ю. Либих, впервые сформулировавший этот закон, считал, что рост урожая прямо пропорционален увеличению количества фактора, находящегося в минимуме. Однако исследования других ученых доказали, что рост урожая происходит только до тех пор, пока не окажется в минимуме другой фактор, что закон минимума нужно принимать с учетом действия всей совокупности факторов жизни растений и что эффект от увеличения каждого отдельно взятого фактора значительно снижается.

Закон минимума, оптимума, максимума выражает изменение урожайности растений при увеличении количества одного из факторов без изменения остальных факторов жизни растений. Повышение урожайности растений по мере увеличения одного фактора, например влажности почвы, происходит до определенного уровня, после которого начинается снижение. Самая высокая урожайность соответствует оптимуму влажности, после которого начинается снижение урожайности от недостатка кислорода в почве, которое заканчивается гибелью культурного растения при полной влагоемкости, что соответствует максимуму фактора. Это частный случай проявления закона минимума, оптимума, максимума.

Если же при увеличении количества одного из факторов одновременно увеличивать другие факторы, например, при увеличении влажности почвы вносить органические и минеральные удобрения, усиливать освещенность, улучшать аэрацию почвы и др., то происходит значительное увеличение оптимума урожайности от взаимодействия факторов жизни растений.

Закон совокупного действия факторов жизни растений утверждает, что все факторы действуют совокупно при взаимодействии друг с другом в процессе роста и развития растений. Увеличение количества фактора, находящегося в минимуме, тем эффективнее повышает урожайность растений, чем больше других

факторов находится в оптимуме. Познание этого закона имеет большое значение в земледелии, является основой повышения урожайности растений. В природе все элементы комплекса условий взаимосвязаны, они представляют одно органическое целое. Воздействие на один из элементов вызывает необходимость воздействия на другие. Например, при недостатке фосфора в почве внесение суперфосфата в рядки в малых дозах (10 кг д.в. на 1 га) повышает урожайность зерна пшеницы на 2—3 ц/га. Дальнейшее увеличение доз фосфорного удобрения незначительно повышает урожайность пшеницы по сравнению с рядковым удобрением. Необходимо воздействовать на другие факторы, улучшать водный режим, вносить другие виды удобрений и т. д., чтобы получать устойчивые и высокие урожаи растений.

Закон возврата обязывает земледельца возвращать в почву вещества и энергию, поглощаемые растениями на формирование урожая и отчуждаемые с ним. При ежегодном отчуждении из почвы элементов питания и энергии с урожаями снижается ее плодородие, ухудшаются состав и свойства, возникает необходимость возврата веществ, которые оказываются в минимуме и лимитируют урожайность растений.

При возврате отчужденных веществ и энергии в почву она сохраняет свое плодородие, т. е. происходит простое воспроизводство почвенного плодородия. При внесении веществ и энергии в почву больше выноса добиваются повышения почвенного плодородия, т. е. расширенного воспроизводства.

Законы земледелия учитываются и используются при разработке и освоении систем земледелия. Системный метод позволяет принимать наиболее эффективные технологические решения, исключает одностороннее, необоснованное увлечение каким-либо отдельным приемом.

Для того чтобы разработанные технологии возделывания сельскохозяйственных культур были оптимальными, нужно учитывать все возможные прямые и косвенные, близкие и отдаленные факторы, влияющие на формирование урожая и его качество, на плодородие почвы, экологические последствия и охрану окружающей среды. Ведение земледелия без научного обоснования, при несоблюдении или игнорировании законов земледелия оказывается неэффективным и неконкурентным.

ПРИЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Режим обеспеченности растений земными факторами жизни зависит не только от наличия этих факторов, но и от складывающегося соотношения твердой, жидкой, газообразной и живой фаз почвы. В зависимости от типа почвы и климатических условий эти соотношения фаз бывают различными. Благоприятным соотношением фаз почвы для роста и развития большинства культурных растений считается такое, когда твердая фаза занимает 45—50 %, жидкая — 25—30, газообразная — 20—25 % от всего объема почвы при активной жизнедеятельности биоты.

Создавать и поддерживать оптимальное соотношение объемов фаз почвы можно различными приемами обработки, мелиорацией, внесением удобрений. Целенаправленно оптимизируя соотношение объемов фаз почвы этими приемами, улучшают водный, воздушный, пищевой и тепловой режимы, создают благоприятные условия для роста и развития растений.

При избыточном увлажнении почв необходимо проводить осушение, устройство дренажной сети, глубокую вспашку, гребневые посевы и др. В зонах с недостаточным количеством осадков важное значение имеет накопление и сохранение влаги в почве. Для этого проводят снегозадержание в зимний период, посев кулис, обработку поперек склонов, боронование, прикапывание, мульчирование почвы, посадку полезащитных лесных полос, устройство водоемов, организацию орошения, применение удобрений.

К приемам регулирования теплового режима почв относят глубокое рыхление, гребневые посевы, оставление стерни, мульчирование, лесопосадки, орошение, осушение. Полезащитные лесные полосы снижают скорость ветра, задерживают снег на

полях, изменяют микроклимат, оказывают комплексное влияние на тепловой и водный режимы почвы.

Внесение больших доз органических удобрений повышает биологическую активность почвы, улучшает агрохимические показатели плодородия, увеличивает теплоемкость, оказывает комплексное влияние на режимы почвы.

Поделка гребней для посева пропашных культур, например картофеля, сои, в условиях временно избыточного увлажнения и недостатка тепла способствует лучшей прогреваемости почвы и повышает ее аэрацию.

Мульчирование поверхности почвы измельченной соломой, перегноем, мульчбумагой и другими материалами, особенно в овощеводстве, ослабляет испарение воды, уменьшает амплитуду колебания температуры почвы в течение суток, предупреждает образование почвенной корки. Прозрачные полиэтиленовые пленки уменьшают альбедо почвы, способствуют большему прогреванию, такой парниковый эффект широко применяется в овощеводстве.

К приемам регулирования режима питания относится внесение всех видов удобрений (органических, минеральных, сидеральных, бактериальных) и сокращение их потерь. Посевы многолетних трав, сидеральных культур, особенно бобовых — люпина, донника и др., способствуют пополнению почвы азотом, органическим веществом, восстанавливают природное плодородие. Специальные приемы обработки почвы, особенно рыхление, повышают биологическую активность почвы и количество легкодоступных элементов питания для растений. Посевы растений, способных усваивать элементы из труднорастворимых соединений в почве, например фосфатов, превращают их в легкодоступные формы. К таким растениям относятся люпин, донник, гречиха, горчица и др.

Приемы, снижающие непроизводительные потери питательных веществ, улучшают режим питания растений. К ним относятся противоэрозионные мероприятия, борьба с сорной растительностью, которая потребляет значительное количество воды и элементов питания и снижает урожайность культурных растений.

Приемами улучшения режима питания являются известкование кислых и гипсование солонцовых почв, выращивание многолетних бобовых трав, мероприятия по предотвращению ветровой и водной эрозии, внедрение в севообороты высокоурожай-

ных сортов и гибридов культурных растений. Выбор систем приемов по повышению плодородия зависит от типов почв и требований культурных растений в конкретных почвенно-климатических условиях. В адаптивно-ландшафтных системах земледелия регулирование режима питания и других режимов жизни растений должно осуществляться с учетом адаптации технологических процессов к различным уровням интенсификации земледелия.

Фитосанитарное состояние почвы оценивается по наличию в ней генеративных и вегетативных органов размножения сорных растений, вредителей и возбудителей болезней культурных растений, токсичных веществ, выделяемых корнями растений, микроорганизмами в процессе разложения органического вещества, токсичных соединений, образующихся в условиях анаэробно-гнилостных процессов, при избыточном увлажнении, а также продуктов техногенного загрязнения.

Для улучшения фитосанитарного состояния почвы проводятся следующие мероприятия.

1. Освоение севооборотов, посевы промежуточных культур.
2. Выращивание сортов и гибридов культурных растений, устойчивых к вредителям и болезням.
3. Применение рациональных приемов обработки почвы.
4. Применение санитарно-профилактических мероприятий.
5. Разработка и осуществление системы защиты растений.

15.1. Понятие о сорных растениях и вред, наносимый ими сельскому хозяйству

В земледелии сорными называют дикорастущие, невосделываемые человеком растения, распространенные в посевах культурных растений и на природных кормовых угодьях, оказывающие отрицательное влияние на урожайность и качество продовольственной продукции растениеводства и кормов.

Сорные растения, приспособленные к произрастанию в посевах сельскохозяйственных культур на обрабатываемых полях, называют сорно-полевыми, или сегетальными (от лат. *segetalis* — растущий среди хлебов), например, костер ржаной, гречиха татарская, горец выюнковый, ежовник, осот полевой, молочай прутьевидный и др.

Сорняки, растущие около жилья, вдоль заборов, по обочинам дорог, на прифермских территориях, на свалках мусора, называют мусорными, или рудеральными (от лат. *ruderalis* — строительный мусор, щебень), например, белена черная, клоповник сорный, дурман вонючий, марь белая, полынь обыкновенная и др.

Сорные растения, засоряющие природные кормовые угодья, называют луговыми и пастбищными, например, вех ядовитый, аконит высокий, живокость высокая, чемерица Лобеля, болиголов крапчатый, звездчатка злаковидная, чернокорень лекарственный, лютик ползучий и др.

Видовой состав сорных растений на сельскохозяйственных угодьях Российской Федерации весьма богат, он превышает 1 тыс. видов. По физико-географическим зонам обилие сорных растений колеблется в пределах 100 видов, а в пределах зоны на отдельно взятом поле не превышает, как правило, 15 видов, со-

став которых зависит от конкретных почвенно-климатических условий, вида культуры и технологии ее выращивания.

Сорные растения причиняют большой вред сельскому хозяйству. Они ухудшают условия жизни культурных растений, поглощая почвенную влагу, элементы питания, затеняя и механически угнетая посевы культур. Некоторые сорные растения формируют мощные вегетативные органы, затеняют культурные растения. Вьющиеся сорняки (вьюнок полевой, горец вьюнковый) обвивают стебли культурных растений, оказывают механическое давление и вызывают полегание посевов. Это приводит к резкому снижению урожайности и качества продукции, затрудняет уборку урожая.

Паразитные сорные растения присасываются к культурным растениям и питаются продуктами обмена веществ растения-хозяина, что приводит к резкому снижению урожайности или гибели растений. Из паразитных растений особенно сильно поражают культурные растения все виды заразих и повилик.

Сорные растения часто являются временным местобитанием для вредителей и возбудителей болезней культурных растений.

При засорении полей возникает необходимость в дополнительных обработках почвы. Грубые стебли и зеленые листья сорных растений затрудняют работу уборочных комбайнов, забивают сепарирующие механизмы, приводят к поломкам уборочных машин. Семена и плоды, части стеблей и листьев сорных растений, попадая в обмолоченное зерно, повышают его засоренность и влажность, что приводит к большим затратам на очистку и сушку зерна, к повышению себестоимости продукции.

Многие сорные растения имеют неприятный запах и при поедании их животными придают неприятный запах и вкус молоку и мясу. К таким растениям относятся полынь, пижма, клоповник, горчица, ярутка полевая, лук, донник и др. Семена сорных растений, покрытых колючками, шипиками, зазубренные остии ковыля волосатика засоряют шерсть овец, повреждают кожные покровы, желудок и кишечник животных, вызывая воспаление. Семена липучки, чернокорня лекарственного, череды трехраздельной, чертополоха и др. засоряют шерсть овец, сильно снижая ее качество. Созревшие колосья щетинников, пух осотов и бодяка, пушицы при поедании животными иногда скатываются в желудочно-кишечном тракте в шарообразные комки (фитобezoары), препятствующие продвижению пищи через кишечник,

что может привести к гибели животных. Такие растения в животноводстве называют вредными, потому что они портят качество животноводческой продукции.

Многие сорные растения накапливают в клеточном соке ядовитые продукты распада (катаболиты), которые вызывают отравление животных. Ядовитость (токсичность) таких растений обуславливается повышенным содержанием в них ядовитых химических соединений: алкалоидов, гликозидов, смол, сапонинов, дубильных веществ, органических кислот. Эти химические соединения, попадая в организм животных, вызывают нарушение обмена веществ, могущее привести к их смерти. К ядовитым растениям относятся пикульники, плевел опьяняющий, звездчатка злаковидная, белена черная, дурман обыкновенный, хвощ полевой, повилики, молочаи. На природных кормовых угодьях встречаются следующие ядовитые растения: вех ядовитый, аконит, живокость высокая, чемерица Лобеля, чистотел большой, болиголов крапчатый, лютики, калужница болотная и др.

Отравления животных возможны как на пастбищах, засоренных ядовитыми растениями, так и в стойловый период при кормлении зеленым кормом, сеном, силосом, соломой с примесью ядовитых растений, которые сохраняют свою токсичность после высушивания и силосования (вех ядовитый, белена черная, плевел опьяняющий и др.).

Ущерб, причиняемый ядовитыми растениями животноводству, связан с потерями продукции, снижением ее качества при заболеваниях и отравлениях, иногда и гибелью животных. Кормовые отравления животных могут вызвать отравление людей, употребивших в пищу продукцию от заболевших животных.

Таким образом, сорные растения наносят значительный вред во всех отраслях сельского хозяйства. Научнообоснованная система способов борьбы с сорными растениями позволяет снизить их количество на сельскохозяйственных угодьях до фитоценотического порога вредоносности, при котором они не причиняют ощутимого вреда культурным растениям и животноводству.

15.2. Биологические особенности сорных растений

Сорные растения отличаются большой приспособленностью к условиям произрастания. Они обладают многими биологическими особенностями и различными приспособлениями, кото-

рые дают им возможность расти и размножаться, несмотря на многочисленные способы их уничтожения. Поэтому для разработки системы предупредительных и истребительных мероприятий по уничтожению сорных растений нужно всесторонне изучить их биологические особенности.

Из биологических особенностей сорных растений следует отметить повышенную плодовитость. Некоторые сорняки образуют десятки и сотни тысяч семян на одном растении. После созревания семена осыпаются и создают огромный семенной запас в почве.

Семена многих сорняков снабжены различными приспособлениями для распространения по территории с помощью ветра, воды, насекомых, птиц и животных. Например, семена осота, бодяка, одуванчика и др. снабжены перистыми летучками, с помощью которых они переносятся ветром на окружающие угодья. Плоды различных видов липучки, чернокорня лекарственного, череды трехраздельной и др. имеют зазубренные шипики, якорьки, крючочки, которыми они цепляются к шерсти животных, перьям птиц, одежде людей и разносятся на значительные расстояния, засоряя новые угодья.

Распространению сорных растений способствует и сам земледелец, высевая нетщательно очищенные семена культурных растений. Всхожесть семян сорных растений, попавших в почву, может сохраняться несколько лет, например, семена щирицы, вьюнка полевого сохраняют жизнеспособность в течение десяти лет. Семенам сорных растений свойственна разнокачественность по величине и форме, срокам созревания и осыпания, периоду покоя и всхожести даже на одном растении. Однолетние сорные растения созревают раньше возделываемых культур, и семена осыпаются до уборки урожая, что значительно увеличивает их запас в почве и усложняет борьбу с ними.

Семена холодостойких сорняков прорастают рано весной, при температуре почвы 5—7 °С, например, ярутки полевой, пастушьей сумки, гречихи татарской, мари белой, звездчатки средней, редьки дикой и др. Эта особенность позволяет проводить мероприятия по уничтожению сорняков весной, до посева культурных растений.

Теплолюбивые сорные растения всходят летом, при прогревании почвы свыше 18—20 °С, что затрудняет борьбу с ними в посевах культурных растений.

Очень важной особенностью многих многолетних сорных растений является их способность к вегетативному размножению, которая увеличивает их экологическую устойчивость и жизнеспособность, они становятся трудноискореняемыми, особенно злостными сорняками. К таким растениям относятся корнеотпрысковые (осот, бодяк, молочай, льнянка), корневищные (хвощ полевой, пырей ползучий, свинорой пальчатый, тысячелистник обыкновенный) и ползучие (будра плющевидная, лютик ползучий и др.) сорные растения.

В почве, кроме семян, находится большое количество органов вегетативного размножения (корневища, корневые отпрыски, клубни, луковицы) с почками возобновления, которые способны к прорастанию и образованию новых особей сорных растений.

Большой запас семян и органов вегетативного размножения сорных растений в почве обуславливает появление их всходов на протяжении многих лет, что весьма затрудняет борьбу с ними.

15.3. Классификация сорных растений

В земледелии для изучения сорных растений и разработки мер борьбы с ними принята агробиологическая классификация. В отличие от ботанической классификации растений она основывается на биологических особенностях сорных растений — способах питания, размножения и продолжительности жизни.

По этой классификации все разнообразие сорных растений делится на группы, которые объединяют только виды, сходные между собой по биологическим особенностям, против которых можно использовать одинаковую систему приемов борьбы.

Схема агробиологической классификации сорных растений по биологическим особенностям с учетом их экологической неоднородности представлена в табл. 17.

По способу питания сорные растения делят на автотрофные (непаразитные) и гетеротрофные (паразитные). Автотрофные растения имеют зеленые листья, корневую систему, питаются самостоятельно, способны к фотосинтезу. Этот тип сорных растений самый обширный. По продолжительности жизни такие растения делят на малолетние и многолетние. К малолетним относят сорные растения, цикл развития которых продолжается

Таблица 17. Агробиологическая классификация сорных растений
(С. А. Воробьев, 1991)

Автотрофные (непаразитные)		Гетеротрофные (паразитные)
Малолетние	Многолетние	
1. Эфемеры	1. Стержнекорневые	1. Корневые
2. Яровые: ранние	2. С мочковатой корневой системой	2. Стеблевые
	3. Корневищные	
поздние	4. Корнеотпрысковые	
3. Зимующие	5. С ползучими укореняющимися побегами	
4. Озимые	6. Клубневые	
5. Двулетние	7. Луковичные	

один, максимум два года. После плодоношения они полностью отмирают. Размножаются только семенами. Среди малолетних сорных растений выделяют биологические группы: эфемеры, яровые ранние и поздние, зимующие, озимые и двулетники.

К многолетним сорным растениям относят такие, которые живут неопределенно долго и почти ежегодно плодоносят. У этих сорняков надземные органы отмирают после плодоношения или при неблагоприятных условиях, а корневая система и органы вегетативного возобновления (корневища, корневые отпрыски с почками возобновления и др.) сохраняются в почве. При благоприятных условиях они вновь отрастают.

В зависимости от способа возобновления и размножения подтип многолетних сорных растений делят на биологические группы: стержнекорневые, с мочковатой корневой системой, корневищные, корнеотпрысковые, с ползучими укореняющимися побегами, клубневые и луковичные.

К паразитным сорнякам относятся растения, которые утратили способность к самостоятельному питанию. Они имеют вместо корня специальные присоски (гаустории), с помощью которых они проникают в ткани автотрофного хозяина и поглощают из него воду и питательные вещества. Некоторые паразитные растения имеют зеленые листья и способны к фотосинтезу, но воду и элементы минерального питания поглощают из растения-хозяина. Такие сорные растения называют полупаразитами.

Сорные растения, которые паразитируют на корнях авто-трофных растений, называют корневыми паразитами, а если они присасываются к стеблям — стеблевыми паразитами.

15.4. Характеристика сорных растений по биологическим группам

15.4.1. Малолетние сорные растения

Эфемеры — растения с коротким вегетационным периодом 1,5—2 месяца, успевают формировать два-три поколения семян за один период вегетации. Очень быстро растут на влажных плодородных почвах, особенно на орошаемых участках. Например, мятлик однолетний (*Poa annua* L), звездчатка средняя или мокрица (*Stellaria media* L). Стебли у этих растений приподнимающиеся или слабые лежащие, длиной 5—25 см, способные укореняться в узлах.

Яровые ранние сорные растения дают всходы рано весной при температуре почвы 5—7 °С. Созревают, как правило, раньше культурных растений, семена осыпаются и пополняют их запасы в почве. К ранним яровым сорнякам относятся: марь белая (*Chenopodium album* L), конопля сорная (*Cannabis ruderalis* Janisch), овсюг (*Avena fatua* L), клоповник сорный (*Lepidium ruderales* L), хориспора нежная (*Chorispora tenella*), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L) и др. (рис. 1—4).

Яровые поздние сорные растения прорастают летом при прогревании почвы до 18—20 °С, созревают одновременно с культурными растениями или в послеуборочный период, образуют большое количество семян. Если всходы появляются осенью, то они не успевают закончить полный цикл развития и отмирают зимой. К поздним яровым сорнякам относятся: ежовник (*Echinochloa crus galli* L), щетинник сизый (*Setaria glauca* L), щетинник зеленый (*Setaria viridis* L), щирица (или амарант) запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L) и др. (рис. 5—8).

Зимующие сорные растения при всходах ранней весной заканчивают цикл развития летом, как и яровые сорные растения, но в отличие от них при всходах осенью не погибают, а зимуют в фазе розетки листьев. На следующий год весной продолжают развитие и после созревания отмирают. Эта особенность обу-



Рис. 1. Конопля сорная —
Cannabis ruderalis Janisch



Рис. 2. Овес пустой, овсюг —
Avena fatua L



Рис. 3. Горец вьюнковый —
Polygonum convolvulus L



Рис. 4. Гречиха татарская —
Fagopyrum tataricum L



Рис. 5. Ежовник обыкновенный, просо куриное — *Echinochloa crusgalli* L

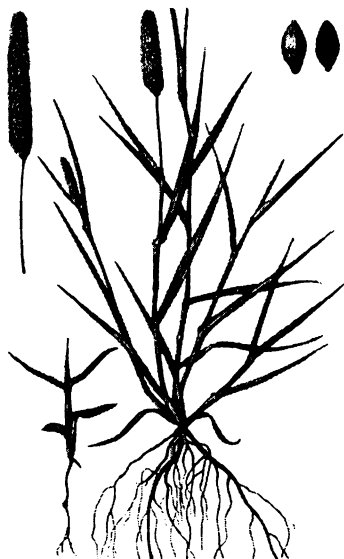


Рис. 6. Щетинник зеленый, мфшей зеленый — *Setaria viridis* L



Рис. 7. Щирица запрокинутая — *Amaranthus retroflexus* L



Рис. 8. Пикульник ладанниковый — *Galeopsis ladanum* L

словливает их успешное распространение в посевах яровых и озимых культур. Семена этих культур очень мелкие, они сохраняют всхожесть в почве до 5—7 лет.

К зимующим растениям относятся: ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L), сумочник пастуший (пастушья сумка) (*Capsella bursa-pastoris* L), василек синий (*Centaurea cyanus* L), дескурайния Софии (*Descurainia Sophia* L) и др.

Озимые сорные растения в год всходов образуют только укороченные вегетативные побеги, находятся в фазе кущения весь период вегетации. Развивают корневую систему, накапливают питательные вещества, формируют почки возобновления на подземных органах. После воздействия пониженных температур, короткого светового дня осенью и весной следующего года они отрастают и заканчивают полный цикл своего развития, образуют семена и отмирают. Размножаются только семенами. Это сорняки озимых культур, особенно озимой ржи. К озимым сорным растениям относится, например, костер ржаной (*Bromus secalinus* L) и др.

Двулетние сорные растения в год всходов образуют розетку листьев и вегетативные удлинённые побеги, но не цветут и не

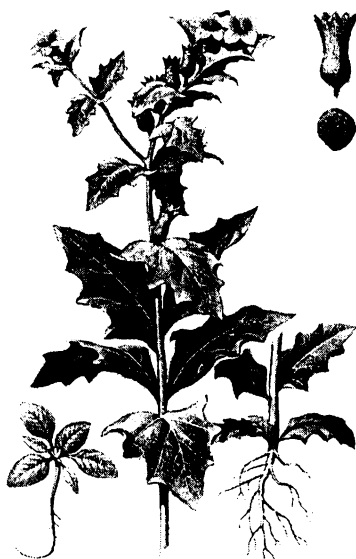


Рис. 9. Белена черная — *Hyoscyamus niger* L

плодоносят. Зимой надземные вегетативные побеги отмирают, а весной следующего года из почек возобновления отрастают новые побеги, которые цветут и плодоносят. После плодоношения растение отмирает. Размножаются семенами. К двулетним сорным растениям относятся: белена черная (*Hyoscyamus niger* L) (рис. 9), липучка обыкновенная (*Lapula myosotis Moench*), икотник серозеленый (*Berteroa incana* L), свербига восточная (*Bunias orientalis* L), донник лекарственный (*Melilotus officinalis* L) и др.

15.4.2. Многолетние сорные растения

Стержнекорневые сорные растения имеют хорошо развитый главный корень, проникающий на глубину до 2 м. Ежегодно отрастающие из почек на нижних частях стебля надземные побеги плодоносят и отмирают, а корневая система продолжает жить. Жизнь таких растений продолжается в нескольких поколениях монокарпических побегов, совокупность жизненных циклов которых составляет жизненный цикл многолетнего растения. У стержнекорневых растений отсутствуют органы вегетативного размножения, они размножаются в основном семенами, которые сохраняют всхожесть в почве до 5—7 лет. К стержнекорневым сорнякам относятся: полынь горькая (*Artemisia absinthium* L), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Web), щавель густой (*Rumex confertus* Willd), живокость высокая (*Delphinium elatum* L) и др.

Многолетние сорные растения с мочковатой корневой системой тоже не имеют специальных органов вегетативного размножения и размножаются семенами. К таким растениям относятся: подорожник большой (*Plantago major* L), лютик едкий (*Ranunculus acer* L) и др.

Корневищные сорные растения способны к ветвлению в почве и, наряду с надземным осевым побегом, образуют подземные видоизмененные побеги, называемые корневищами. На корневищах имеются узлы с редуцированными листьями, в пазухах которых образуются почки. Каждая почка способна образовать новый надземный побег, который снова ветвится и формирует новые корневища. Длина каждого корневища достигает 1 м и более. Глубина расположения корневищ в почве различна у разных растений и колеблется от 5 до 30 см и глубже, что значительно усложняет борьбу с такими растениями. Например, у хвоща поле-

вого корневища разрастаются в почве в несколько ярусов на глубине до 45 см. На узлах корневищ образуются утолщения в виде клубеньков. Эти клубеньки образуют новые надземные побеги из придаточных почек. В верхних узлах вертикальных корневищ осенью формируются почки, из которых на следующий год вырастают спороносные и вегетативные побеги. При таком типе ветвления растений вокруг материнского осевого побега образуется большая сеть корневищ с надземными побегами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга. При разрезании или отмирании старых корневищ образуются самостоятельные растения, происходит вегетативное размножение.

Почки на корневищах развиваются в побеги даже на небольших отрезках (7—15 см), формируют в узлах придаточную корневую систему, все это обуславливает быстрое вегетативное размножение корневищных сорняков, которые размножаются и семенами.

К корневищным сорным растениям относятся: свинорой пальчатый (*Cynodon dactylon* L), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L) (рис. 10), пырей ползучий (*Agropyron repens* L) и др.

Корнеотпрысковые сорные растения образуют на главном и боковых корнях придаточные почки. Эти почки разрастаются в

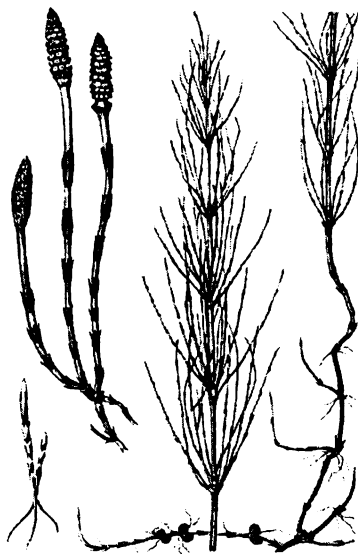


Рис. 10. Хвощ полевой — *Equisetum arvense* L

различных направлениях от корней, образуя подземные побеги, которые называли корневыми отпрысками. Эти побеги образуют наземные вегетативные органы и свою корневую систему. Вокруг материнского растения образуется много самостоятельных растений, происходит быстрое вегетативное размножение. Корнеотпрысковые растения обладают высокой семенной плодовитостью. Семена снабжены летучками и переносятся ветром на значительные расстояния, засоряя новые сельскохозяйственные угодья.

Корнеотпрысковые сорняки являются самыми распространенными, они засоряют практически все полевые культуры на территории России. К таким сорным растениям относятся: вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L), осот полевой (*Sonchus arvensis* L), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L), молочай прутьевидный (*Euphorbia virgata* W), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Will), щавель малый (*Rumex acetosella* L) и др. (рис. 11—15).

Сорные растения с ползучими укореняющимися побегами имеют тонкие непрочные стебли с длинными междоузлиями. Такие стебли наклоняются к почве, укореняются в узлах и образуют но-



Рис. 11. Вьюнок полевой, березка — *Convolvulus arvensis* L



Рис. 12. Осот полевой, желтый — *Sonchus arvensis* L



Рис. 13. Бодяк полевой, осот розовый — *Cirsium arvense* L



Рис. 14. Молочай лозный — *Euphorbia virgata* Waldst



Рис. 15. Лянка обыкновенная — *Linaria vulgaris* Mill

вые кусты. Ползучие стебли называют усами, плетями и т. д. При разрыве или отмирании связующих стеблей образуются самостоятельные растения, происходит вегетативное размножение. Такие растения образуют в одном кусте до 5—8 побегов, длина которых может достигать двух метров. Семенное размножение у этих растений хорошо развито. К ползучим сорным растениям относятся: лютик ползучий, будра плющевидная, лапчатка гусиная и др.

Луковичные и клубневые сорные растения кроме семенного размножения имеют в почве специальные органы вегетативного размножения — луковички и клубни. К луковичным относятся дикие луки, к клубневым — зопник клубненосный, чистец болотный и др.

15.4.3. Паразитные сорные растения

К паразитным сорным растениям относятся растения, неспособные к самостоятельному питанию, паразитирующие на автотрофных растениях. Вместо корней у них развиваются присоски (гаустории, от латинского — пьющий), с помощью которых они всасывают питательные вещества и воду из тела других растений. У полных паразитов отсутствуют листья на стеблях, у полупаразитов имеются зеленые листья, в которых происходит процесс фотосинтеза.

Размножаются паразитные растения семенами, которые очень мелки по размеру, они разносятся ветром и водой, сохраняя всхожесть в почве в течение 4—5 лет.

У *корневых паразитов* росток из семени в почве проникает в корень растения-хозяина и присасывается к проводящим тканям. В месте проникновения проростка на корне образуется утолщение, из которого вырастает надземный мясистый стебель — цветонос. При сильном засорении пораженные растения плохо растут, снижают урожайность или даже погибают.

Из *корневых паразитов* наибольший вред наносят все виды заразих: заразиха кумская (*Orobanche cumana* Wallr), паразитирующая чаще на подсолнечнике и табаке; заразиха ветвистая (*Orobanche ramosa* L), паразитирующая на конопле, табаке, тыкве, подсолнечнике и других растениях; заразиха египетская (*O. aegyptiaca*), поражающая очень многие растения (рис. 16).

У *стеблевых паразитов* из семян, проросших в почве, появляются надземные проростки, которые, совершая круговые движе-

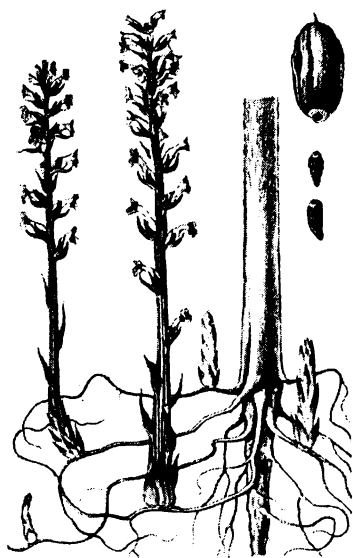


Рис. 16. Заразиха кумская, подсолнечная — *Orobanche cumana* Wallr

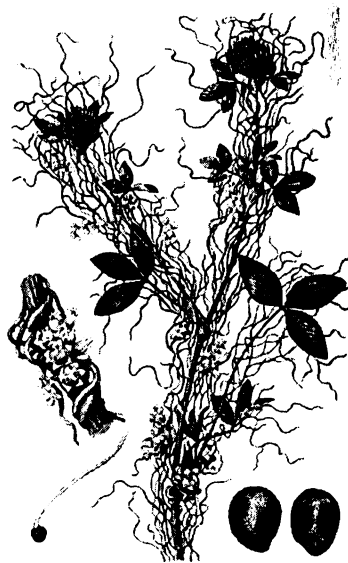


Рис. 17. Повилика клеверная — *Cuscuta trifolii* Babingt

ния, обвивают стебель растения-хозяина и присасываются к нему. После проникновения в тело растения-хозяина связь с почвой теряется. Тонкий стебель паразитного растения, лишенный листьев, сильно обвивает стебель растения-хозяина, присосками высасывает из него воду и питательные вещества, формирует много цветков и семян.

Из стеблевых паразитных сорняков более распространены все виды повилик: повилика клеверная (*Cuscuta trifolii*), повилика европейская (*Cuscuta europaea* L), повилика льняная (*C. epilinum* Weihe), паразитирующие на многих культурных растениях: клевере, люцерне, конопле, льне и др. (рис. 17).

15.5. Учет и картирование сорных растений

Для разработки системы мероприятий по борьбе с сорными растениями, кроме биологических особенностей роста и развития, необходимо иметь сведения о видовом и количественном

составе на каждом поле или сельскохозяйственном угодье. Нужны подробные данные о степени засорения полей семенами и органами вегетативного размножения. Для получения таких подробных сведений необходимо на каждом поле или угодье провести обследование, учет и картографирование сорных растений.

В земледелии принято проводить систематическое и оперативное обследования. Систематическое, или основное, обследование проводят на всех угодьях хозяйства для получения полных сведений о видовом и количественном составе сорных растений. При этом обследовании учитываются сорные растения на территории хозяйственных построек, зернотоков, животноводческих ферм, обочин дорог и др.

Рекомендуется проводить систематическое обследование в культурах сплошного посева за 2—3 недели до уборки, в пропашных культурах — в середине вегетационного периода, на несельскохозяйственных угодьях — в начале цветения разнотравья. Такое сплошное обследование проводят периодически один раз в 2—3 года.

Оперативное обследование проводят перед проведением истребительных мероприятий на конкретных полях и сельскохозяйственных угодьях в следующие фазы развития культур: зерновых — при полном кущении; пропашных — перед междурядными обработками; многолетних злаковых трав — при кущении; на паровых полях — при массовых всходах сорных растений.

Оперативное обследование проводится для уточнения видового состава, количества и фазы развития сорных растений перед проведением истребительных мероприятий на конкретном поле. Результаты этого обследования служат основой для установления сроков и способов обработки почвы или вида и дозы гербицида.

Перед обследованием поля или какого-нибудь участка намечают маршруты движения обследователя. Рекомендуется делать два-три параллельных прохода вдоль поля или один зигзагообразный проход на узком поле. На проходах намечают места учета сорняков, которые располагают на одинаковом расстоянии друг от друга. Рекомендуют (А. И. Пупонин, 2000) на площади до 50 га проводить учет сорных растений в 10 местах, от 50 до 100 га — в 15 местах, свыше 100 га на каждые 50 га — одно дополнительное место. Площадь учетной делянки — $0,25 \text{ м}^2$ (рамка $0,5 \times 0,5 \text{ м}$). На учетных делянках подсчитывают количество сорных растений отдельно по каждому виду.

Результаты подсчета на каждой делянке записывают в ведомость первичного учета. Затем подсчитывают среднее количество сорных растений по каждому виду и всех сорняков на 1 м². Отмечают среднее количество сорняков по биологическим группам.

По результатам учета сорных растений составляют карту засоренности, где данные учета заносятся условными обозначениями. К карте засоренности составляют дополнительно таблицы с указанием названий видов и количества сорных растений (шт. на 1 м²) по каждому полю.

Карты засоренности сельскохозяйственных угодий являются основой для разработки системы мероприятий по уничтожению сорных растений.

15.6. Меры борьбы с сорными растениями

15.6.1. Классификация методов борьбы с сорными растениями

Меры борьбы с сорными растениями делят на *предупредительные* и *истребительные*. К *предупредительным* относятся мероприятия по предупреждению попадания сорных растений на сельскохозяйственные угодья и распространения по территории. Они направлены на выявление, локализацию, уничтожение очагов сорных растений и профилактику их распространения.

К *истребительным* мерам относят мероприятия по уничтожению прорастающих и вегетирующих сорных растений, а также органов вегетативного размножения на всех сельскохозяйственных угодьях механическими, химическими и биологическими методами.

К предупредительным мероприятиям относятся следующие:

а) карантинная служба по предупреждению завоза семян сорных растений из других стран и распространения карантинных сорняков из одних регионов страны в другие. Распространению семян карантинных сорняков с семенами культурных растений способствуют перевозки продовольственного и фуражного зерна из-за рубежа и внутри страны. К карантинным относят отсутствующие на территории всей страны или отдельного региона особенно вредоносные, трудно уничтожаемые сорные растения. Согласно перечню от 6 октября 1992 г. к карантин-

ным сорным растениям для Российской Федерации отнесены следующие виды:

1) не зарегистрированные на территории России (внешний карантин):

- Бузинник пазушный — *Jva axillaries*;
- Паслен линейнолистный — *Solanum elaeagnifolium*;
- Паслен каролинский — *Solanum carolinense*;
- Подсолнечник калифорнийский — *Helianthus californicus*;
- Подсолнечник реснитчатый — *Helianthus ciliaris*;
- Ценхрус малоцветковый — *Cenchrus pauciflorus*;
- Стриги (все виды) — *Striga*;

2) ограниченно распространенные на территории России (внутренний карантин):

- Амброзия полыннолистная — *Ambrosia artemisiifolia*;
- Амброзия трехраздельная — *Ambrosia trifida*;
- Амброзия многолетняя — *Ambrosia psilostachya*;
- Горчак ползучий — *Acroptilon repens*;
- Паслен колючий — *Solanum rostratum*;
- Паслен трехцветковый — *Solanum triflorum*;
- Повилики (все виды) — *Cuscuta*.

При обнаружении семян или вегетативных органов размножения карантинных сорняков запрещаются перевозки зерна и других грузов. При обнаружении растущих карантинных сорняков на какой-либо территории или сельскохозяйственных угодьях устанавливают карантин и применяют все методы для их полного уничтожения. В случае появления повилик в посевах их уничтожают вместе с культурными растениями гербицидами или сжиганием;

б) тщательная очистка семенного материала всех высеваемых культурных растений, тары, зерноочистительных машин, транспортных средств от семян сорных растений. Уничтожение семян сорняков на территории зерноочистительных фабрик;

в) проверка качества высеваемых семян культурных растений в контрольно-семенных инспекциях и предотвращение высева некондиционных семян;

г) скашивание до цветения сорных растений около дорог, полей, на территориях, расположенных вокруг животноводческих ферм, зернофабрик, вдоль линий электропередач и других участках. Скашивание сорняков до цветения исключает образование семян и распространение их на сельскохозяйственные угодья;

д) дробление и запаривание зерноотходов с семенами сорняков перед скармливанием животным. Известно, что семена некоторых сорняков имеют водонепроницаемые оболочки, не перевариваются в желудочно-кишечном тракте животных и накапливаются в навозе, с которым могут вывозиться на поля. Дробление и запаривание зерноотходов приводит к потере всхожести семян сорняков, повышает переваримость зерна;

е) правильное хранение навоза в специально оборудованных местах — навозохранилищах котлованного или наземного типа с надежной гидроизоляцией, жиесборниками и ограждением из металлической сетки. В навозохранилище навоз должен самосогреваться и перегнивать. Такой способ хранения значительно снижает всхожесть семян сорных растений. Вносить навоз на поля следует только в перепревшем виде;

ж) снижение засорения полей при орошении. Для этого нужно уничтожать сорные растения около каналов, проводить очистку поливной воды от семян сорных растений, заносимых ветром и водой в каналы и водоемы. Очистку поливной воды проводят в построенных отстойниках, щитах. Необходимо периодически очищать каналы от ила, в котором накапливается много семян сорняков.

Истребительные мероприятия по уничтожению сорных растений включают механические, физические, химические и биологические методы.

Механические методы объединяют приемы уничтожения проростков семян, органов вегетативного размножения и вегетирующих сорных растений механическими орудиями — боронами, культиваторами, лушильниками, фрезами, плугами и др. В системе основной, предпосевной обработок почвы, ухода за посевами и при обработке паровых полей.

Физические методы включают уничтожение сорных растений огнем, ручной прополкой и др.

К *химическим методам* относится применение гербицидов — химических веществ для уничтожения сорняков.

К *биологическим методам* борьбы с сорными растениями относятся освоение научно обоснованных севооборотов, допустимое увеличение нормы высева культурных растений при перекрестном и узкорядном способах посева, использование насекомых, нематод и фитопатогенных микроорганизмов: вирусов, грибов.

Чередование культур по полям значительно снижает засоренность по сравнению с бессменным возделыванием одной

культуры. При перекрестном способе посева зерновых культур достигается равномерное распределение культурных растений по площади, что обуславливает большее затенение всходов сорных растений, снижение их семенной продуктивности.

Применение насекомых и микроорганизмов в борьбе с сорными растениями очень ограничено из-за узкой избирательности к видам сорняков и сложности их проведения.

15.6.2. Борьба с сорными растениями в системе основной обработки почвы

Перечисленные выше методы борьбы с сорными растениями используются в системах обработки почвы. Под обработкой почвы понимают воздействие на нее рабочими органами различных орудий в целях улучшения условий жизни культурных растений и уничтожения сорняков.

Основной обработкой называют глубокую сплошную обработку почвы под конкретную культуру. Ее выполняют различными орудиями с целью изменения плотности почвы, углубления пахотного слоя либо взаимного перемещения слоев или генетических горизонтов.

В зависимости от почвенно-климатических условий применяют разные системы основной обработки почвы: отвальную, безотвальную, плоскорезную и комбинированную.

В условиях достаточного количества осадков с коэффициентом увлажнения ≥ 1 или при орошении применяют отвальную систему основной обработки почвы. При отвальной обработке большое значение в борьбе с сорными растениями придается ранней летне-осенней вспашке (зябь) сразу после уборки предшествующей культуры. Вспашка проводится для заделки удобрений, мобилизации питательных веществ, уничтожения сорняков, вредителей и возбудителей болезней культурных растений.

На полях, сильно засоренных многолетними сорняками, особенно корневищными и корнеотпрысковыми, перед вспашкой проводится лушение сразу после уборки предшествующей культуры. Глубина лушения и орудия обработки зависят от типа почвы, степени засоренности и видового состава сорняков.

Если преобладают корнеотпрысковые сорняки, то лушение проводят на глубину 10—12 см для ослабления их роста. При оп-

тимальном увлажнении почвы лущение стимулирует прорастание семян и органов вегетативного размножения сорных растений. Через 15—20 дней проводят глубокую вспашку (на 25—27 см) плугом с предплужниками. Если до осени появляются всходы многолетних сорняков, то проводят поверхностную обработку — лущение, культивацию. Такая технология основной обработки почвы в значительной мере очищает поле от сорняков.

При засорении полей корневищными сорняками лущение проводят дважды (в перекрестном направлении) на глубину 10—12 см. После прорастания почек на отрезках корневищ (через 2—3 недели) молодые побеги и отрезки корневищ запахивают на глубину 25—27 см. Эффективность такой вспашки зависит от сроков ее проведения и глубины. Чем раньше она проведена, тем эффективнее борьба с сорняками. Дальнейшая летне-осенняя поверхностная обработка ранней зяби значительно снижает засоренность полей в следующем году.

При безотвальной и плоскорезной системе обработки почвы семена сорняков в глубоких слоях почвы со временем теряют всхожесть. Задача состоит в том, чтобы уничтожить семена сорняков в слое почвы до 10 см. Механические методы борьбы с сорняками при безотвальной обработке включают периодические поверхностные обработки почвы в летне-осенний период, которые проводятся различными орудиями на различную глубину в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий, предшествующих в севообороте культур, степени эрозии почв и конкретной возделываемой культуры в севообороте.

Плоскорезные и поверхностные технологии обработки необходимы в условиях умеренного климата, с коэффициентом увлажнения 1—0,55, на эродированных и потенциально подверженных эрозии почвах. В условиях дефицита влаги и опасности развития ветровой эрозии при уборке предшествующей культуры измельчается и разбрасывается по полю солома или сидеральные культуры, а следом проводится поверхностная обработка различными орудиями, обеспечивающими уничтожение растущих в стерне ранних и поздних сорных растений (гречиха тарская, куриное просо, щетинники сизый и зеленый, щирца, марь белая, овсюг и др.). Если поле мульчируется измельченной соломой, то проводят поверхностную обработку бороной БИГ-3, БМШ-15, УНС-5,7 на глубину до 8 см. Для заделки измельченных сидеральных культур, например, донника поле обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами БДТ-7 в один-два следа. В случае

отрастания сорных растений проводят повторную обработку через 15—20 дней БМШ-15 или БДТ-7.

При такой технологии обработки почвы уничтожаются сорняки, которые остаются в стерне после уборки зерновых культур и могут успеть до конца вегетации растений образовать семена, а многолетние — накопить в подземных органах запасные питательные вещества.

Технология обработки чистых паров должна быть почвозащитной. Поле, оставляемое под черный пар, с осени обрабатывают БИГ-3, УНС-5,7 на глубину до 8 см. После уничтожения вегетирующих сорных растений проводят мелкое рыхление на глубину 12—14 см КПЭ-3,8, КПШ-5, КД-6,2 и др. Летом следующего года проводят поверхностные обработки для уничтожения сорных растений. Механические обработки можно заменять гербицидами. Осенью проводится повторное рыхление парового поля плоскорезами. Глубина рыхления зависит от планируемой к посеву культуры. Многократные обработки паровых полей приводят к истощению органов вегетативного размножения многолетних сорных растений, и большая часть их погибает.

15.6.3. Борьба с сорными растениями в системе предпосевной обработки почвы

В борьбе с сорными растениями большую роль играет предпосевная обработка почвы. Особенно она эффективна при подготовке почвы под посев поздних культур (кукуруза, просо, гречиха, картофель и др.). Прорастание сорных растений весной зависит от складывающихся условий температуры и увлажнения почвы. Чтобы ускорить прорастание семян сорных растений до посева культур нужно провести рыхление почвы, улучшить воздушный и тепловой режимы поверхностного слоя почвы, «спровоцировать» сорняки на прорастание. Это достигается ранним весенним боронованием и поверхностным рыхлением почвы на глубину 10—12 см. После прорастания семян и появления всходов ранних яровых сорняков проводится предпосевная обработка почвы на глубину заделки семян культурных растений, при которой уничтожаются проросшие сорные растения и создаются благоприятные условия для высеваемой культуры.

При подготовке почвы под посев поздних яровых культур возможно проведение двух поверхностных обработок для унич-

тожения возможно большего количества сорняков. Для увеличения количества прорастающих сорных растений почву рекомендуется прикатывать кольчатыми катками после первой поверхностной обработки. На прикатанной почве семена сорняков прорастают быстрее и дружнее.

Предпосевную поверхностную обработку почвы целесообразно совмещать с посевом культур комбинированными агрегатами ППК-8,2, ППК-12,4, СЗС-2,1 и др. для уменьшения проходов тракторов по полю и снижения энергетических затрат.

15.6.4. Борьба с сорными растениями при уходе за посевами

После посева яровых культур возможно массовое прорастание и появление всходов сорных растений, поэтому уничтожение их нужно начинать через 2—3 дня после посева. Весьма эффективным приемом является довсходовое боронование для уничтожения проростков семян сорных растений, которые в виде белых нитей пронизывают поверхностный слой почвы. Эти проростки легко разрываются зубьями борон. Вид бороны зависит от типа и рыхлости почвы, глубины посева семян культуры, системы обработки почвы и др. При заделке семян возделываемой культуры на глубину 5—7 см и длительном периоде до появления всходов боронование можно проводить тяжелыми боронами и повторять через каждые 3—4 дня на посевах пропашных культур.

Требования к боронованию посевов следующие: скорость движения не более 5 км/ч, направление движения агрегата — поперек или под острым углом к рядкам посеянной культуры.

Посевы кукурузы, картофеля, подсолнечника нужно бороновать и после всходов, повторяя по мере появления проростков семян сорняков. Боронованием уничтожается большое количество сорных растений, и посевы бывают относительно чистыми.

Следующим приемом уничтожения сорных растений в посевах пропашных культур является междурядная обработка. При междурядной обработке сорняки хорошо подрезаются в междурядьях и частично уничтожаются боронками в рядках. Количество таких обработок зависит от засоренности посевов, требований возделываемой культуры. Глубина междурядных обработок начинается с 5—7 см при первой и увеличивается при последующих на 2—3 см. При высоте культурных растений 30—40 см рых-

ление проводят на глубину до 14 см. Картофель окучивают культиваторами окучниками до начала цветения.

Боронование посевов до и после всходов, междурядные обработки пропашных культур позволяют оградить посевы сельскохозяйственных культур от сорных растений и получать высокие урожаи.

В случае сильного засорения посевов зерновых злаковых культур необходимо обрабатывать их гербицидами в фазу полного кущения.

15.6.5. Химические методы борьбы с сорными растениями

Для достижения фитоценотического порога вредоносности сорных растений одних механических методов иногда бывает недостаточно из-за ограниченности сроков их применения и невозможности уничтожать сорняки в посевах, рядах, гнездах и т. д. Корневая система и органы вегетативного размножения многолетних сорных растений проникают на большую глубину, где их трудно уничтожить орудиями обработки.

Дополнительно к механическим применяют химические истребительные методы по борьбе с сорными растениями. Для этого используют специальные химические вещества — гербициды. Широкое применение гербицидов в борьбе с сорными растениями началось после открытия в 1941 г. синтетического регулятора роста растений 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4Д). Было установлено, что 2,4Д, ее соли и эфиры при концентрации $>0,01\%$ вызывают гибель двудольных растений, но не повреждают однодольные.

Позднее было установлено, что производные 2-метил, 4-хлорфеноксиуксусной кислоты (2М-4Х), трихлоруксусной кислоты (ТХА) и многие другие вещества обладают подобными свойствами.

В настоящее время гербициды стали неотъемлемой частью химизации в почвозащитных энергосберегающих системах обработки почвы. Ведутся исследования по синтезу новых высокоактивных гербицидов при низких дозах их внесения (25—50 г/га), которые позволят снизить их накопление в почве и отрицательное последствие на последующие чувствительные культуры севооборота, на загрязнение окружающей среды.

Для грамотного применения гербицидов и предупреждения его отрицательных последствий необходимы знания их избирательности, характера действия на растения, степени токсичности для растений и животных, способности загрязнять окружающую среду, сроков и способов их внесения и др. Для этого нужно исполнять Закон Российской Федерации от 24 июня 1997 г. «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами». Вторым документом является список гербицидов, разрешенных для применения в Российской Федерации, который ежегодно уточняется комиссией АПК. Следующим документом служит «Инструкция по технике безопасности при хранении, транспортировке и применении пестицидов в сельском хозяйстве».

Хотя большинство гербицидов относится к среднетоксичным и малотоксичным для человека и животных, все же они вызывают отравления, особенно при нарушении правил их применения. Признаками отравления бывают головокружения, рвота, судороги, озноб, воспаления кожных покровов и др. Поэтому для исключения отрицательных последствий необходимо тщательно изучать инструкцию по применению конкретного гербицида, всесторонне учитывать природные условия, характер засоренности, состояние культурных растений во время применения гербицидов и другие факторы, потенциально способные причинить вред здоровью или производственному процессу.

Всеми работами по применению гербицидов руководит специалист по защите растений, который отвечает за инструктаж и снабжение спецодеждой лиц, направляемых на работу с гербицидами. Виновные в нарушении правил безопасного обращения с гербицидами несут ответственность по законам Российской Федерации.

Для уничтожения сорных растений на обочинах дорог, вдоль каналов, линий электропередач, вокруг зернофабрик, животноводческих ферм, в очагах карантинных сорняков применяют гербициды сплошного действия, которые вызывают гибель всех растений. Для уничтожения сорных растений в посевах культур применяют гербициды избирательного действия. Например, производные 2,4Д уничтожают двудольные сорные растения в посевах однодольных при определенной концентрации рабочего раствора при опрыскивании. С превышением рекомендуемых доз избирательных гербицидов они вызывают гибель всех растений, как гербициды сплошного действия. Симазин и атразин в посевах кукурузы вызывают гибель двудольных и однодольных

сорных растений без отрицательного действия на кукурузу. Это гербициды широкой избирательности.

Гербициды для уничтожения одного вида сорных растений, например, авадекс против овсяга в посевах зерновых, обладают узкой избирательностью.

По характеру действия на растения гербициды делят на группы.

1. Контактного действия, вызывающие ожоги листьев, увядание растений только в местах попадания при внесении на вегетирующие растения.

2. Системные, проникающие в клетки растений, перемещающиеся по сосудам растения. Такие гербициды нарушают обмен веществ в растениях и вызывают их гибель.

По месту проникновения в органы растений гербициды делят на следующие группы:

1. Листового действия, поражающие растения при попадании на листья при опрыскивании.

2. Почвенного действия, проникающие в растения через корневую систему и вызывающие гибель всего растения. Эти гербициды вносят в почву и заделывают на глубину 4—6 см.

3. Гербициды, поражающие растения при нанесении на листья и внесении в почву, проникающие в растения через листья и корневую систему.

По срокам применения гербициды подразделяют на четыре группы.

1. Гербициды, применяемые до посева культур под предпосевную обработку почвы, в основном почвенного действия. Многие из них быстро испаряющиеся, поэтому при опрыскивании почвы их сразу заделывают на 4—6 см.

2. Гербициды, вносимые одновременно с посевом методом сплошного опрыскивания всей площади или ленточно в рядки пропашных культур.

3. Гербициды, вносимые после посева, до всходов культурных растений с заделкой в почве мельче глубины посева культур.

4. Гербициды, применяемые после всходов культурных растений методом сплошного опрыскивания вегетирующих растений.

При выборе гербицида для конкретных культур, условий применения и установлении нормы расхода необходимо руководствоваться списком химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками и регулято-

ров роста растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве Российской Федерации, который ежегодно уточняется специальной комиссией АПК.

Расчет нормы внесения и подготовка рабочего раствора весьма ответственная работа. Превышение нормы вызывает повреждение культурных растений, а ее уменьшение приводит к снижению эффективности гербицида.

В инструкции для гербицидов установлены оптимальные нормы их расхода применительно к различным культурам, указываются сроки и способы внесения.

Норма расхода гербицида указывается в килограммах действующего вещества на 1 га или в килограммах препарата на 1 га. Чаще указываются нормы расхода гербицидов в килограммах действующего вещества на 1 га — кг/га д.в. Для пересчета нормы по препарату в кг/га пользуются формулой

$$D = d \cdot 100 / A,$$

где D — норма расхода технического препарата, кг/га;

d — норма расхода действующего вещества, кг/га;

A — % действующего вещества в техническом препарате.

При внесении гербицидов устанавливаются и нормы расхода жидкости для приготовления рабочих растворов гербицидов в виде суспензий или эмульсий. Для наземных тракторных опрыскивателей примерные нормы расхода воды составляют 300—400 л/га, для авиационных опрыскивателей — от 25 до 100 л/га.

Опрыскивание гербицидами рекомендуется проводить в безветренную погоду, лучше рано утром или вечером. Жаркая сухая погода или осадки во время опрыскивания снижают эффективность гербицидов. Если на соседних полях есть культуры, чувствительные к гербицидам, то необходимо устанавливать защитную зону до 10 м при отсутствии ветра. При наличии ветра опрыскивание нельзя проводить. При авиаопрыскивании защитные полосы устанавливаются от 100 до 2000 м.

Чтобы не допустить отравления животных гербицидами, необходимо заблаговременно извещать население близлежащей территории о времени и месте их применения. Руководители хозяйств, ветврачи, зоотехники должны проинструктировать работников животноводства, чтобы они не пасли животных на обработанных участках и не прогоняли их по прилегающим территориям. После химической обработки растения остаются

непригодными для питания животных в течение двух недель. Не допускается перевозка продуктов питания и кормов в одном транспортном средстве с гербицидами. Маршруты перегона животных должны быть на расстоянии не менее 200 м от мест мойки транспорта и оборудования после применения гербицидов. Пчеловоды должны закрывать летки ульев на время опрыскивания полей.

После окончания работ по химической обработке транспортных средства, заправочные и запасные емкости, подсобный инвентарь должны быть обеззаражены хлорной известью и вымыты на специально отведенных местах на расстоянии не менее 200 м от хозяйственных построек и животноводческих помещений. Вода после мойки сливается в подготовленную яму, засыпается хлорной известью и закапывается грунтом высотой 50 см. Бумажная и деревянная тара из-под ядохимикатов сжигается.

Все перечисленные методы борьбы с сорными растениями, применяемые каждый в отдельности, не обеспечивают уничтожения сорняков до критического порога вредоносности, так как применение одного метода, как правило, ограничено во времени сроками посева, определенными периодами роста и развития культурных растений. Только комплексная система всех методов борьбы с сорными растениями в сочетании с другими агротехническими мероприятиями обеспечивает высокую эффективность по уничтожению сорняков, потому что их воздействие продолжается в течение всей ротации севооборота.

Глава 16

СЕВООБОРОТЫ

16.1. Научные основы севооборота

История развития земледелия свидетельствует о том, что бесменное выращивание одних и тех же сельскохозяйственных культур на одной площади приводит к снижению урожайности и качества продукции. Для устранения отрицательных последствий бесменного возделывания культурных растений устанавливают чередование их по полям в определенной последовательности, т. е. вводят севообороты.

Севооборот — научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и чистого пара по полям во времени. *Чистый пар* — поле, незанятое посевами сельскохозяйственных культур в течение одного периода вегетации растений (применительно к условиям средней полосы России — 1 год). Паровое поле не засевают и готовят для посева последующих культур севооборота в следующем году. Такое поле обрабатывают, поддерживают почву в рыхлом состоянии, уничтожают сорные растения, вредителей, вносят удобрения, проводят другие необходимые мелиоративные мероприятия.

Основой севооборота является структура посевных площадей в конкретном хозяйстве, т. е. соотношение площадей посевов сельскохозяйственных культур и чистого пара, выраженное в процентах к общей площади пашни хозяйства.

Севооборот с научно обоснованным чередованием культур на полях является основой системы земледелия, позволяет рационально использовать пашню.

Каковы причины отрицательных последствий бесменного выращивания сельскохозяйственных культур и чем объясняется необходимость введения севооборотов? Академик Д. Н. Прянишников объединил все причины в четыре группы: химические, физические, биологические и экономические.

Причины химического порядка связаны с различным поглощением растениями элементов питания из почвы и отчуждением их с урожаями. Одни культуры, например подсолнечник, хлопчатник, корнеплоды, кукуруза, поглощают из почвы больше азота по сравнению с зерновыми культурами. Бессменное выращивание таких культур приводит к обеднению почвы азотом и снижению урожайности.

Если после корнеплодов или подсолнечника высевать бобовые культуры (горох, вика, чина, люцерна), то почва будет пополняться азотом из атмосферы за счет деятельности клубеньковых азотфиксирующих бактерий. Бобовые культуры, особенно многолетние бобовые травы, могут оставлять в почве до 150 кг азота на 1 га за один вегетационный период. Повторные посевы бобовых культур на одном поле не используют весь накопленный азот, и он может вымываться из почвенного профиля, особенно при промывном водном режиме. Поэтому целесообразно чередовать посевы бобовых культур с корнеплодами, зерновыми культурами.

Различия в потреблении элементов питания из почвы есть и по калию, фосфору и др. Например, сахарная свекла на формирование урожая корней 30 т/га выносит из почвы до 200 кг калия (K_2O). Картофель при урожае 30 т/га выносит из почвы до 300 кг калия. Зерновые культуры при урожае 3 т/га выносят из почвы 50—60 кг калия.

Некоторые культуры (люпин, гречиха, горчица и др.) способны поглощать из почвы труднорастворимые фосфаты. Поглощая фосфаты, они перемещают их в верхние горизонты почвы. После минерализации органических остатков эти фосфаты становятся доступными для других культурных растений. Поэтому чередование посевов различных культур способствует более рациональному использованию элементов питания.

В связи с различным проникновением корневой системы в глубину одни культуры способны усваивать элементы питания с большей глубины (люцерна, люпин, подсолнечник, клевер и др.), а другие, с мелкозалегающей корневой системой, поглощают элементы питания в основном из пахотного слоя почвы (просо, лен и др.). Поглощенные из глубоких горизонтов элементы питания перемещаются и накапливаются в пахотном слое почвы, где они могут использоваться культурами с неглубокой корневой системой.

Большие различия есть и по количеству органического вещества, оставляемого в почве после выращивания сельскохозяйст-

венных культур. Больше органического вещества остается в почве после многолетних трав. Поэтому с увеличением доли многолетних трав в структуре посевных площадей происходит накопление органического вещества и гумуса в почве.

Напротив, увеличение доли пропашных культур и чистого пара приводит к уменьшению запасов гумуса в почве, особенно при промывном режиме увлажнения.

Рациональная структура посевных площадей и чередование культур по полям дает возможность регулировать поступление органического вещества в почву, его гумификацию и минерализацию. Поступление органических остатков в почву увеличивается при внедрении промежуточных культур в севообороты.

Причины физического порядка связаны с различным влиянием возделывания сельскохозяйственных культур на физические свойства почвы: структуру, плотность, аэрацию и др. Особенности технологии возделывания различных культур оказывают различное влияние на свойства почвы. Благоприятное влияние на физические свойства почвы оказывают посевы многолетних трав, корневая система которых проникает на большую глубину и способствует оструктуриванию почвы. Постоянный наземный зеленый покров многолетних трав защищает почву от эрозии. Возделывание многолетних трав создает благоприятные условия для последующего высева зерновых культур, льна и др.

Технология возделывания пропашных культур, связанная с многократными обработками почвы до посева, при уходе за посевами и во время уборки урожая, приводит к разрушению структуры почвы. Посевы пропашных культур слабо противостоят ветровой и водной эрозии почвы. Многократные механические обработки чистых паров тоже значительно разрушают структуру почвы.

Различные культуры потребляют разное количество воды из почвы на формирование своего урожая. Одни культуры потребляют много воды для образования высокого урожая, например сахарная свекла расходует с площади 1 га до 4000 м³ воды. Очень большие объемы воды расходуются при возделывании многолетних трав. Чередование культур по полям способствует равномерному, рациональному расходу воды из почвы. При применении севооборотов влага в почве используется более эффективно.

Причины биологического порядка связаны с распространением вредителей, болезней и сорных растений при бессменных посевах сельскохозяйственных культур. Вредители и болезни часто

поражают культуры только одного семейства или даже один вид. Поэтому бессменное возделывание приводит к большому распространению вредителей и болезней данной культуры. Например, бессменное возделывание хлопчатника способствует сильному поражению его вилтом — паразитирующими грибами; сахарной свеклы — к повреждению нематодой, свекловичным долгоносиком; подсолнечника — болезнями белой и серой гнили; льна — фузариозом; зерновых культур — корневыми гнилями и т. д. При массовом размножении специализированных вредителей, болезней и сорных растений в бессменных посевах культурных растений очень трудно с ними бороться. Растительные остатки в почве являются источниками разносчиков многих болезней культурных растений.

Многие возбудители болезней растений узкоспециализированы, поэтому научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур в севообороте приводит к гибели этих возбудителей.

Бессменное возделывание сельскохозяйственных культур часто приводит к массовому распространению сорных растений. Известно, что посевы льна, картофеля, сахарной свеклы и других культур не выдерживают конкуренции сорных растений, урожаи этих культур иногда значительно снижаются, несмотря на применяемые меры борьбы с сорными растениями. Севооборот является эффективным препятствием распространению сорных растений на полях.

Причины экономического порядка. Научнообоснованное чередование сельскохозяйственных культур по полям во времени с учетом химических, физических и биологических причин позволяет получать более высокие урожаи и уменьшить затраты на борьбу с сорными растениями, вредителями и болезнями культурных растений, снизить себестоимость производимой продукции растениеводства и животноводства. Увеличение производимой продукции с меньшей себестоимостью является важным преимуществом севооборотов.

Севооборот позволяет уменьшить применение химических средств защиты растений, которые значительно загрязняют окружающую среду. Поэтому севооборот имеет большое экологическое значение, служит основой экологически чистого землепользования.

Глава 17

РАЗМЕЩЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПАРОВЫХ ПОЛЕЙ В СЕВООБОРОТАХ

При организации севооборотов необходимо руководствоваться научнообоснованными принципами чередования сельскохозяйственных культур в структуре посевных площадей. При размещении мы понимаем научнообоснованное чередование культур по полям с учетом физических, химических, биологических и экологических факторов. Все высеваемые культуры, особенно наиболее ценные, которые определяют специализацию сельскохозяйственного производителя, необходимо размещать с учетом предыдущих стадий севооборота, добиваясь наиболее рационального и продуктивного ведения хозяйства.

Предшествующие высеваемым сельскохозяйственные культуры оценивают по их влиянию:

- 1) на плодородие почвы;
- 2) рост, развитие, урожайность и качество продукции последующих культур севооборота;
- 3) защиту почвы от эрозии и фитосанитарное состояние поля;
- 4) общую продуктивность севооборота.

По влиянию на последующие культуры все предшествующие располагают в порядке снижения их ценности в следующий ряд: чистые пары, занятые пары, многолетние травы, зернобобовые культуры, пропашные культуры, технические непропашные культуры, зерновые культуры, промежуточные культуры. Такая оценка условна, так как роль предшествующих культур значительно меняется в зависимости от плодородия почв, климата, системы земледелия, количества вносимых удобрений и применения средств защиты растений от вредителей и болезней. Более общим показателем оценки предшественников является продук-

тивность севооборота в целом, т. е. выход продукции с единицы площади пашни.

Лучшим предшественником по влиянию на урожайность последующих культур считается паровое поле. Все паровые поля делят на два типа — чистые и занятые. Типы паровых полей подразделяют на виды: чистые пары — на черные и ранние; занятые — на пары с культурами сплошного способа посева, пропашных и сидеральных.

Чистый пар — поле, незанятое посевами в течение одного периода вегетации растений. Такое поле обрабатывают в целях улучшения аэрации и повышения биологической активности почвы, вносят удобрения, ведут борьбу с сорными растениями, вредителями и болезнями растений, проводят мелиоративные работы, готовят под посев последующей культуры севооборота.

В зависимости от системы обработки почвы чистые пары подразделяют на два вида — черные и ранние.

Черным паром называют поле, на котором основную обработку почвы начинают осенью, сразу после уборки предшествующей культуры, накануне года парования поля.

Ранним паром называют поле, на котором основную обработку почвы начинают весной, в год парования. В зонах с недостаточным увлажнением и сильными ветрами для предотвращения ветровой эрозии и задержания снега зимой чистые пары могут быть так называемыми *кулисными*, т. е. на них высеваются прочностебельные растения (подсолнечник, горчица и др.) по 2—3 ряда (кулисы) поперек направления господствующих ветров. Расстояние между кулисами составляет обычно 8—12 м.

Занятым паром называют поле, на котором с весны высевают скороспелые культуры на зерно или зеленый корм и рано убирают их. После уборки парозанимающей культуры начинают обработку почвы по типу обработки паровых полей под посев озимых в конце лета или яровых культур весной следующего года.

Занятый пар называют *сидеральным*, если парозанимающая культура используется для заделки в почву в качестве зеленого удобрения (сидерата), подобными культурами могут быть такие бобовые, как, например, люпин, донник и др.

В зависимости от почвенно-климатических условий, количества вносимых удобрений и системы защиты растений эффективность паровых полей сильно разнится. При благоприятных почвенно-климатических условиях и современных технологиях выращивания культур севооборота без паровых полей могут

быть более продуктивными, чем севообороты с такими полями с худшим сочетанием природных и антропогенных факторов продуктивности сельского хозяйства.

Второе место в ряду предшественников занимают многолетние травы как в одновидовых посевах, так и в травосмесях. Многолетние травы оказывают комплексное воздействие на плодородие почв, урожайность последующих культур и продуктивность севооборота. Они формируют разветвленную корневую систему, обогащают почву органическим веществом, положительно влияют на структуру и гумусовый баланс почвы. Бобовые травы способствуют накоплению в почве азота в результате деятельности симбиотических клубеньковых азотфиксирующих бактерий. Многолетние травы предохраняют почву от ветровой и водной эрозии. Многолетние травы являются отличным предшественником для льна-долгунца, озимых зерновых культур.

Высокая эффективность многолетних трав как предшественников достигается при условии достаточного увлажнения почвы. У них более высокий транспирационный коэффициент, чем у других культур. При недостатке влаги резко снижается урожайность многолетних трав, они изреживаются, зарастают сорными растениями, уменьшается их влияние на плодородие почвы. Иногда в дернине под многолетними травами размножается проволочник, который повреждает последующие культуры. По этой причине не следует высевать по пласту многолетних трав картофель, кукурузу, яровую пшеницу, которые сильно повреждаются проволочником.

Зернобобовые культуры — хорошие предшественники для большинства сельскохозяйственных культур, за исключением культур из семейства бобовых. К зернобобовым относят горох, вику, чину, чечевицу, нут, люпин и др. Вегетационный период этих культур, за исключением люпина, короткий, высеваются они рано весной, и поля рано освобождаются после уборки. Ранняя уборка позволяет тщательно готовить почву под посев озимых культур, поэтому бобовые являются хорошими предшественниками для озимой пшеницы и ржи.

Обогащение почвы азотом после посева бобовых культур значительно повышает качество зерна пшеницы и других зерновых, высеваемых после них.

Кроме обогащения почвы азотом люпин выделяется по степени усвоения труднорастворимых фосфатов почвы и фосфоритной муки. С помощью корневых выделений люпин переводит

диг фосфаты почвы в легкорастворимые формы, доступные для последующих культур.

Пропашные культуры тоже относят к хорошим предшественникам. Пропашными называют культуры, высеваемые широко-рядным способом с шириной между рядами 45, 60, 70 см. При выращивании таких культур проводят обработку почвы в междурядьях для уничтожения сорных растений, внесения удобрений и улучшения аэрации почвы. К пропашным культурам относятся картофель, сахарная и кормовая свекла, подсолнечник, кукуруза, морковь и др.

При возделывании пропашных культур поля лучше очищаются от сорных растений, повышается активность почвенной микрофлоры. Пропашные культуры нуждаются в высоком плодородии почв, так как выносят с урожаями большое количество элементов питания. Например, сахарная свекла при урожайности 30 т/га потребляет из почвы 150—180 кг азота, 45—60 кг фосфора и 180—200 кг калия с гектара. Подсолнечник на одну тонну семян потребляет из почвы до 60 кг азота, 20 кг фосфора и 100 кг калия. Картофель при урожайности 30 т/га потребляет до 300 кг калия. Поэтому под пропашные культуры необходимо вносить расчетные нормы органических и минеральных удобрений. При соблюдении всех необходимых норм внесения удобрений некоторые пропашные культуры, например картофель, кукуруза, хорошо переносят повторные посевы.

Однако сахарную свеклу и подсолнечник нельзя повторно высевать из-за размножения специфических для этих культур вредителей, болезней и сорных растений. Пропашные культуры оставляют в почве меньше корневых остатков, структура почвы разрушается от интенсивного рыхления при их возделывании, они слабо предотвращают водную и ветровую эрозию почвы.

Зерновые культуры считаются менее ценными предшественниками для других групп культур и особенно для повторных посевов этой группы из-за поражения корневыми гнилями, размножения вредителей и сорных растений. Ценность зерновых культур как предшественников зависит от плодородия почв, внесения удобрений, интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорных растений. Для большинства сельскохозяйственных культур озимая и яровая пшеница, озимая рожь, выращиваемые по чистым парам или после многолетних трав, являются хорошими предшественниками, возможны и повторные посевы зерновых культур, однако из-за возбудителей

корневых гнилей нецелесообразно их высевать друг после друга, например, после пшеницы возделывать ячмень, и наоборот.

Овес меньше поражается корневыми гнилями и другими болезнями зерновых культур, поэтому после овса можно возделывать большинство зерновых и других культур. Просо тоже хороший предшественник для большинства культур, если его высевают после хорошо удобренных пропашных культур и многолетних трав.

Зерновые культуры в полевых севооборотах занимают, как правило, большую часть площади пашни, они являются важными продовольственными культурами, поэтому их нужно размещать по лучшим предшественникам: чистым парам, после многолетних трав, зернобобовых культур, хорошо удобренных пропашных культур. Если зерновые культуры, например яровая пшеница, занимают более 50 % площади пашни при ограниченном количестве лучших предшественников, то после чистой пары их размещают повторно.

Фуражные зерновые культуры (ячмень, овес), крупяные культуры (просо, гречиха) размещают в севообороте после озимых зерновых или пропашных культур. При повторных и бессеменных посевах зерновые культуры значительно снижают урожайность и качество зерна.

Промежуточные культуры имеют особое значение в севооборотах. Промежуточными называют сельскохозяйственные культуры, возделываемые в севооборотах в промежутки теплого времени года, когда поля бывают свободны от основных культур севооборота до их посева или после уборки. Например, в южных районах России после уборки основной культуры севооборота — озимой пшеницы — поля остаются свободными 3—4 месяца теплого времени, благоприятного для вегетации растений. В это время можно провести обработку почвы и посеять кормовые культуры на зеленый корм животным или на сидераты, а затем получить второй урожай за один период вегетации растений.

Промежуточными могут быть различные культуры в зависимости от почвенно-климатических условий и основных культур севооборота. Если основная культура убирается на зерно, то высеваемая после нее промежуточная культура называется *поздней*. Культуры, возделываемые во второй половине лета, после уборки основных культур на сено, зеленый корм, называют *поздними* промежуточными культурами. Если после уборки основной культуры севооборота высевают осенью озимые на ран-

ний зеленый корм в следующем году, то их называют *озимыми* промежуточными культурами (рожь, гибрид тритикале, вика, рапс, сурепица, зимующий горох и др.). Часто высевают смеси озимой ржи с озимой викой или зимующим горохом для повышения содержания белка в зеленом корме.

Разновидностью промежуточных культур являются подсевные культуры, которые сеют под покров основной культуры. После уборки основной культуры подсевные растут до конца периода вегетации растений и убираются на зеленый корм животным или для заготовки кормов на зимний период.

Промежуточные культуры — дополнительный источник кормов, особенно для организации зеленого конвейера в животноводстве. Они являются источником зеленого корма ранней весной или поздней осенью, когда основные культуры севооборота еще не достигли укосной спелости или уже убраны с полей.

Состав культур для промежуточных посевов зависит от продолжительности теплого периода, в течение которого они могут вегетировать до посева или после уборки основной культуры севооборота. В южных районах России промежуточными культурами могут быть кукуруза, подсолнечник, суданская трава, просо и другие яровые культуры. В центральных и северных областях в качестве пожнивных и поукосных промежуточных культур используются быстрорастущие и устойчивые к заморозкам растения: овес, горох, горчица, рапс, сурепица, турнепс и др.

Для ускоренной обработки почвы под посев промежуточных культур и сокращения затрат целесообразно применять комбинированные агрегаты, выполняющие за один проезд по полю внесение удобрений, предпосевную обработку почвы и посев.

Промежуточные культуры в севооборотах не только увеличивают производство кормов и общую продуктивность севооборотов, но и оказывают положительное влияние на плодородие почвы, улучшают ее структуру, повышают содержание водопрочных агрегатов. Они лучше, чем пропашные, препятствуют развитию ветровой и водной эрозии почвы. Они значительно увеличивают содержание органического вещества в почве — до 4—5 т/га пожнивных и корневых остатков. При заделке в почву всего урожая промежуточных культур на сидеральное удобрение повышается активность почвенной биоты, в результате чего в почве увеличивается содержание доступных для растений питательных веществ — все это способствует повышению урожайности последующих основных культур севооборота.

Возделывание промежуточных культур особенно важно в полевых и специальных севооборотах с предельным процентом вноса удобрений на душу культуры. При нехватке лучших предшественников на ведущие культуры допускаются повторные посевы, что приводит к усиленному размножению вредителей и болезней, увеличению засоренности полей. Внедрение промежуточных культур значительно снижает отрицательные последствия повторных посевов основной культуры севооборота. Например, посевы промежуточных культур из семейства бобовых и крестоцветных (горох, вика, рапс и др.) на сидеральное удобрение снижают поражение пшеницы и ячменя корневыми гнилями, повышая их урожайность.

Промежуточные культуры в севооборотах — эффективный путь интенсификации земледелия, источник органического вещества в почве, важный элемент плодосмена при специализации земледелия, велико их почвозащитное и экологическое значение. Эффективность промежуточных культур возрастает при внесении расчетных доз органических и минеральных удобрений.

При размещении сельскохозяйственных культур в севооборотах нужно выбирать лучшие предшественники для основных культур в конкретных почвенно-климатических условиях и в зависимости от уровня обеспечения земледелия удобрениями, техникой, средствами защиты растений от вредителей и болезней. Например, для основных полевых, технических и кормовых культур в земледелии Алтайского края рекомендованы следующие предшественники (Н. В. Яшутин, А. П. Дробышев, 2003):

Культура	Предшественники
Озимые зерновые (пшеница, рожь)	Чистые кулисные пары, многолетние травы, занятые пары, зернобобовые, кукуруза на зеленый корм
Яровая пшеница	Чистые пары, пропашные культуры, занятые пары, зернобобовые культуры, озимые зерновые
Зернобобовые (горох, вика, соя и др.)	Пропашные культуры (кроме бобовых), озимые и яровые зерновые злаковые культуры
Овес, ячмень, гречиха	Пропашные культуры, зернобобовые, озимые зерновые, яровая пшеница
Просо	Пропашные культуры, зернобобовые, озимые зерновые по парам или после многолетних трав
Сахарная свекла	Пар чистый, озимые зерновые по пару, зернобобовые, картофель

Окончание таблицы предшественников

Культура	Предшественники
Кукуруза	Озимые зерновые, картофель, зернобобовые, яровая пшеница, овес, ячмень
Подсолнечник	Озимые зерновые, зернобобовые, кукуруза
Пен-долгунец	Многолетние травы, зернобобовые, картофель, кукуруза на силос, озимые после многолетних трав
Конопля	Многолетние травы, зернобобовые, кукуруза
Многолетние травы	Подсев под яровые зерновые, под однолетние травы, беспокровный посев после пропашных или зерновых культур
Однолетние травы	Яровые зерновые, пропашные
Кормовые корнеплоды	Озимые и яровые зерновые, кукуруза, картофель
Промежуточные культуры	Озимые и ранние яровые культуры, однолетние травы на зеленый корм

Глава 18

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕВООБОРОТОВ

Большое количество вариантов размещения сельскохозяйственных культур в севооборотах вызывает необходимость их группировки по определенным признакам для облегчения изучения, проектирования и реализации севооборотов. Современная классификация севооборотов проведена по двум основным признакам:

1) *главный вид растениеводческой продукции*, производимой в севообороте, — зерно, корма, техническое сырье, овощи и др.;

2) *соотношение основных групп сельскохозяйственных культур*, различающихся по технологии возделывания, влиянию на плодородие почв, — зерновые культуры, многолетние травы, зернобобовые культуры, пропашные культуры, технические культуры рядового способа посева, паровые поля.

По главному виду растениеводческой продукции выделены три типа севооборотов: *полевые, кормовые и специальные*. Эти типы подразделяются на подтипы.

По соотношению основных групп культур в типах и подтипах выделяют виды севооборотов.

Для полной характеристики севооборота указывается количество полей, их площадь и общая площадь, занимаемая хозяйством. Номера полей обозначают римскими цифрами, а порядок чередования культур в схеме севооборота — арабскими цифрами. В севообороте может быть задействовано от 2 до 10—12 полей.

Полевым называют севооборот для производства зерна, технического сырья и кормов. Выделяют два подтипа полевых севооборотов — *универсальные* и *специализированные*. В полевых универсальных севооборотах более 50 % пашни отводится под зерновые культуры, оставшаяся площадь — под технические и кормовые культуры. В зонах с недостаточным количеством осадков часть площади в таких севооборотах может быть отведена под чистые паровые поля.

Классификация севооборотов

Типы и подтипы	Виды
Полевые:	
универсальные	Зернопаровые, зернопропашные, зернопаропропашные, зернопаротравяные, зернотравяные, плодосменные или зернотравянопропашные, травянопропашные, пропашные, паропропашные, сидеральные
специализированные (зерновые, свекловичные, льняные, картофельные)	Зернопаровые, зернопаропропашные, зернотравяные, плодосменные, пропашные и др.
Кормовые:	
прифермские	Плодосменные, пропашные, травянопропашные, травянозерновые
сенокосно-пастбищные	Травопольные, травянозерновые
Специальные:	
овощные, овощебахчевые, бахчевые, овощекормовые, рисовые и др.	Пропашные, паропропашные, зернопаропропашные, травянопропашные, зернотравяные, зернопропашные
почвозащитные	Травопольные, травянозерновые

Специализированным называют севооборот с предельно допустимой, научно обоснованной долей площади, занимаемой одной культурой или культурами одной группы. Например, в свекловичном севообороте доля сахарной свеклы составляет 30 %, а при орошении — до 40 % от площади севооборота. В картофельных севооборотах при внесении расчетных норм органических и минеральных удобрений доля картофеля может составлять до 40 %. В специализированных зерновых севооборотах доля зерновых и зернобобовых культур может составлять 75—85 %.

Кормовыми называют севообороты для производства кормов в животноводстве. В них более 50 % пашни отводится под кормовые культуры. Кормовые севообороты подразделяют на два подтипа: *прифермские* и *сенокосно-пастбищные*.

Прифермскими называют севообороты, расположенные около животноводческих ферм и предназначенные для производства сочных кормов. В этих севооборотах преобладают корнеплоды, клубнеплоды и силосные культуры (кукуруза, подсолнечник).

Такие севообороты размещают вблизи ферм в целях снижения затрат на перевозку большой массы этих кормовых культур к месту их хранения и использования.

Сенокосно-пастбищными называют севообороты, предназначенные для производства сена, сенажа и пастбищного корма. В таких севооборотах преобладают многолетние и однолетние травы, небольшая часть пашни может быть отведена под зернофуражные культуры. Для улучшения природных кормовых угодий и организации их рационального использования вводят сенокосы и пастбища, которые используют для заготовки грубых кормов и выпаса животных.

Специальными называют севообороты, предназначенные для возделывания культур, требующих особых условий и специальной технологии их выращивания. К таким культурам относятся овощи, бахчевые, рис, конопля и др., которые очень требовательны к плодородию почвы и орошению.

Большое значение среди подтипов специальных севооборотов придается *почвозащитным*, которые предназначены для защиты почв от водной и ветровой эрозии при производстве растениеводческой продукции — зерна, кормов и др. На склоновых землях с крутизной 5—7° для защиты почвы от водной эрозии вводят севообороты с возделыванием многолетних и однолетних трав (травопольные виды) или часть полей отводится под зерновые культуры, например озимые (травянозерновые виды). Многолетние травы закрывают поверхность почвы травостоем круглый год, развивают мощную корневую систему, предохраняя почву от водной и ветровой эрозии. В степной зоне размещают почвозащитные севообороты с посевом на полях многолетних трав с полосным размещением сельскохозяйственных культур кулисного пара поперек направления господствующих ветров.

По способности противостоять развитию водной и ветровой эрозии сельскохозяйственные культуры делят на три группы:

- 1) с высокой почвозащитной способностью — многолетние травы, озимые зерновые культуры;
- 2) со средней почвозащитной способностью — однолетние травы, яровые зерновые культуры;
- 3) со слабой почвозащитной способностью — пропашные культуры и чистые паровые поля.

Почвозащитная способность культур лежит в основе подбора их состава и структуры посевных площадей в почвозащитных севооборотах.

На землях с крутизной склона более 5° рекомендуют травопольные и травянозерновые виды почвозащитных севооборотов. Например, с такой схемой чередования культур: 1—4 — многолетние травы; 5 — озимая рожь; 6 — однолетние травы с подсевом многолетних трав. В Западной Сибири на склоновых землях рекомендуют размещать почвозащитный севооборот со следующим чередованием: 1—2 — многолетние травы; 3 — яровая пшеница; 4 — зернофуражные с подсевом многолетних трав.

Для повышения почвозащитной способности севооборотов применяют полосное размещение многолетних трав с культурами со слабой почвозащитной способностью. Полосы многолетних трав и этих культур шириной от 50 до 100 м чередуют друг с другом, размещая поперек склонов или по горизонталям склонов сложной конфигурации.

Для предотвращения развития ветровой эрозии почв в открытой степи рекомендованы почвозащитные севообороты с многолетними травами, полосным размещением сельскохозяйственных культур и кулисного пара поперек направления господствующих ветров. Каждое поле такого севооборота делят на равные по площади полосы, шириной от 50 м на легких почвах до 100—150 м — на суглинистых.

Рассмотренные типы и подтипы севооборотов включают различные виды, которых насчитывается более десяти: зернопаровые, зернопаропропашные, зернопропашные, пропашные, плодосменные, паропропашные, травопольные, сидеральные и др.

Зернопаровым называется севооборот, в котором одно поле отводится под чистый пар и два-три поля под зерновые культуры. Например: 1 — чистый пар, 2 — яровая пшеница, 3 — яровая пшеница, 4 — ячмень.

Зернопаропропашным называется севооборот, состоящий из двух звеньев: парового и пропашного. В этом севообороте после чистого пара и пропашной культуры размещаются одна или две зерновые культуры. Например: 1 — чистый пар, 2 — зерновые, 3 — зерновые, 4 — пропашные, 5 — зерновые, 6 — зерновые.

Зернопропашным называют севооборот, состоящий из двух полей пропашных культур, чередующихся с одной-двумя зерновыми культурами: 1 — сахарная свекла, 2 — зерновые, 3 — зерновые, 4 — картофель, 5 — зерновые.

Плодосменным называют севооборот, в котором поля с зерновыми злаковыми культурами чередуются или с пропашной культурой другого семейства, или с бобовыми культурами. В та-

ком севообороте выдерживается чередование, при котором на полях происходит смена культур, отличающихся по особенностям возделывания. Впервые такой севооборот был внедрен в графстве Норфолк в Великобритании: 1 — турнепс, 2 — яровые зерновые с подсевом клевера, 3 — клевер, 4 — озимые зерновые. В этом севообороте 50 % пашни занимали зерновые культуры, по 25 % — пропашные и бобовые. Почвенно-климатические условия в Великобритании благоприятны для внедрения плодосменных севооборотов. Замена чистых паров бобовыми культурами и включение поля с пропашными культурами обусловила переход от зернопарового трехполья к плодосмену, в результате чего повысилась продуктивность севооборота. Внедрение пропашных и бобовых культур ознаменовало новый этап в развитии земледелия.

В современных плодосменных севооборотах увеличился состав пропашных и бобовых культур. Бобовые культуры представлены смешанными посевами бобовых многолетних трав со злаковыми видами двухлетнего использования или несколькими полями зернобобовых культур. Например: 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.

Плодосменные севообороты эффективны в условиях достаточного количества осадков или при орошении, когда нет необходимости вводить чистые паровые поля.

Травопольным называют севооборот, в котором большая часть площади занята многолетними травами. Небольшая часть площади может быть занята однолетними травами или зернофуражными культурами. Такой севооборот относится к кормовому типу. Например: 1—5 — многолетние травы, 6 — однолетние травы или зернофуражные культуры с подсевом многолетних трав.

Травянозерновым называют севооборот, в котором не менее половины площади занято многолетними и однолетними травами, а остальная часть — зерновыми культурами. Например: 1—4 — многолетние травы, 5 — озимая рожь, 6 — ячмень, 7 — овес с горохом, 8 — однолетние травы с подсевом многолетних трав. Такой вид севооборота предназначен для производства грубых и концентрированных кормов в животноводстве.

Сидеральным называют севооборот, в котором одно или два поля отводят под сидеральные культуры для использования на зеленое удобрение. Из крестоцветных высевают на зеленое удоб-

рение рапс, горчицу белую, редьку масличную. При заделке растений в почву повышается ее биологическая активность, пополняется содержание органических веществ и доступных для растений форм азота, особенно при заделке бобовых растений.

Система севооборотов является основой системы земледелия для хозяйств любой формы собственности. Она должна отвечать задачам специализации по производству основных видов сельскохозяйственной продукции. Система севооборотов должна соответствовать основным принципам адаптивности, учитывать почвенно-климатические условия, особенности рельефа. Набор сельскохозяйственных культур, их чередование должны соответствовать местным почвенно-климатическим, организационно-хозяйственным и экономическим условиям.

18.1. Принципы проектирования севооборотов

При проектировании схем севооборотов нужно руководствоваться следующими принципами.

Принцип адаптивности — соответствие культур, возделываемых в севообороте, местным почвенно-климатическим условиям.

Принцип биологической и хозяйственно-экономической целесообразности — включение в севообороты яровых и озимых форм зерновых культур, чистого или занятого пара, одновидовых или смешанных посевов однолетних культур и многолетних трав, промежуточных и сидеральных культур.

Принцип плодосменности — ежегодная смена на полях севооборота культур, существенно отличающихся по биологическим особенностям и технологии возделывания.

Принцип периодичности — соблюдение научно обоснованного срока возврата одной культуры на то же поле возделывания. Для сельскохозяйственных культур рекомендуются следующие целесообразные периоды возврата:

Культуры	Период возврата на прежнее место выращивания, лет
Зерновые злаковые (пшеница, рожь, ячмень, овес)	1—2
Просо, гречиха	2—3
Кукуруза	1

Окончание табл.

Культуры	Период возврата на прежнее место выращивания, лет
Зерновые бобовые (горох, вика, чина, чечевица)	3
Люпин	4—5
Картофель	1—2
Сахарная свекла	3—4
Лен-долгунец	5—6
Подсолнечник	6—7
Многолетние травы	3
Корнеплоды	2—3
Рапс	3—4

Принцип совместимости и самосовместимости — возможность посева культуры после предшественника того же семейства, той же хозяйственно-биологической группы или повторно посева одной культуры. Например, можно возделывать яровые зерновые после озимых, овес после яровой пшеницы и т. д. Возможны также повторные посевы яровой пшеницы по паровому полю, повторное возделывание кукурузы, картофеля при условии создания высокого уровня плодородия почвы. Но согласно этому принципу нельзя размещать культуры одного семейства или поражаемые одними болезнями и вредителями друг после друга.

Принцип специализации — возможность предельно допустимой обоснованной доли площади, занимаемой одной культурой или несколькими культурами одной хозяйственно-биологической группы в специализированных зерновых, свекловичных, картофельных, рисовых и других севооборотах.

Система севооборотов должна предусматривать защиту почв от ветровой и водной эрозии. Например, в Алтайском крае при проектировании севооборотов для защиты почв от водной и ветровой эрозии приоритетная роль отводится почвозащитным севооборотам на сильно эродирующих участках пашни со следующей схемой чередования культур: I — однолетние травы с подсе-

вом житняка или многолетних травосмесей; 2—6 — многолетние травы (Н. В. Яшутин, Н. Д. Иост, 1994; Н. В. Яшутин, А. П. Дробышев, 2003). На среднеэродированных землях рекомендуются пятипольные зернопаротравяные севообороты с полосным размещением культур поперек направления господствующих ветров. Полосы черного пара и зерновых культур чередуются с полосами житняка.

В степной зоне края рекомендованы полевые севообороты с чистым паром: 1 — чистый пар; 2 — яровая пшеница; 3 — яровая пшеница; 4 — яровые зерновые (ячмень). Шестипольные зернопаропропашные севообороты со схемой чередования культур: 1 — пар чистый; 2 — яровая пшеница с подсевом донника; 3 — донник; 4 — озимая рожь; 5 — кормовое просо, суданская трава; 6 — подсолнечник, гречиха. В условиях проявления дефляции рекомендуются трехпольные кормовые севообороты: 1 — донник; 2 — яровая пшеница; 3 — зернофуражные с подсевом донника.

В условиях проявления водной эрозии почв на склонах с крутизной более 7° целесообразно проводить залужение злаково-бобовыми смесями многолетних трав (костер безостый + люцерна). На склонах от 5 до 7° вводятся почвозащитные севообороты с чередованием: 1—4 — многолетние травы; 5 — яровая пшеница; 6 — яровая пшеница; 7 — зернофуражные; 8 — однолетние травы с подсевом многолетних трав. На склонах от 1 до 5° размещают севообороты с занятым паром: 1 — пар занятый; 2 — яровая пшеница; 3 — горох; 4 — яровая пшеница; 5 — овес с подсевом донника.

На землях с уклоном до 1° вводят севообороты с чистым паром. Например, шестипольный полевой зернопаровой севооборот: 1 — пар чистый; 2 — озимая рожь; 3 — яровая пшеница; 4 — горох; 5 — яровая пшеница; 6 — овес, ячмень.

В лесостепной зоне Алтайского края вводятся севообороты без чистого пара. Например, шестипольный полевой плодосменный севооборот: 1 — донник; 2 — озимая рожь; 3 — яровая пшеница; 4 — горох; 5 — яровая пшеница; 6 — овес с подсевом донника.

Кормовые севообороты используют трехполье с чередованием: 1 — зернофуражные с подсевом донника; 2 — донник; 3 — озимая рожь на зеленый корм, поукосно рапс. Или четырехпольные: 1 — зернофуражные с подсевом донника; 2 — донник на сенаж, поукосно рапс; 3 — зернофуражные; 4 — однолетние травы на зеленый корм.

Экономическим показателем оценки севооборотов является выход продукции с единицы площади пашни в энергетических единицах или в денежном выражении. Кроме экономической оценки учитывают почвозащитные свойства севооборота, экологическую и фитосанитарную функцию. Система севооборотов позволяет сократить применение средств защиты растений, защитить сельскохозяйственную продукцию и окружающую среду от загрязнения.

История каждого поля севооборота и технология возделываемых на них культур отражаются в Книге истории полей. В этой Книге содержится информация о типах и видах севооборотов, площади полей и всех севооборотов, схемах чередования культур, площади посева культур и чистых паров, засоренности полей, зараженности вредителями и возбудителями болезней сельскохозяйственных культур. В Книгу истории полей регулярно должны записываться все мелиоративные мероприятия, проводимые на полях.

19.1. Задачи обработки почвы

При выращивании сельскохозяйственных культур необходимо создавать оптимальные почвенные условия, уничтожать сорные растения, поддерживать благополучное санитарное состояние с помощью различных приемов обработки почвы. Под обработкой почвы понимают воздействие на нее почвообрабатывающих машин и орудий для улучшения водного, воздушного, теплового и пищевого режимов, уничтожения сорных растений и защиты почвы от эрозии. С помощью обработки добиваются повышения плодородия почвы и урожайности выращиваемых культур.

С помощью механической обработки почвы решаются следующие основные задачи:

1) создание оптимальной плотности и пористости почвы для роста и развития культурных растений, жизнедеятельности почвенной микрофлоры;

2) поддержание хорошего фитосанитарного состояния почвы и посевов;

3) заделка органических и минеральных удобрений, химических средств защиты растений и мелиорантов для воспроизводства плодородия и окультуривания почвы;

4) предотвращение водной эрозии;

5) разрыхление подпахотного слоя, увеличение мощности пахотного слоя;

6) сохранение и рациональное использование почвенной влаги;

7) создание оптимальных условий для посева и прорастания семян культурных растений.

19.2. Приемы обработки почвы

19.2.1. Приемы основной обработки почвы

Под приемом обработки почвы понимают однократное воздействие на почву почвообрабатывающих машин и орудий с целью выполнения одной или нескольких технологических операций (рыхление, крошение, оборачивание, перемешивание, выравнивание поверхности почвы, подрезание сорных растений и др.).

Механическую обработку почвы делят на *основную и поверхностную*. К основной обработке относят приемы глубокой сплошной обработки почвы под конкретную культуру. Основная обработка изменяет сложение большей части пахотного слоя. В зависимости от применяемых орудий основную обработку выполняют в основном тремя способами: отвальным с оборачиванием обрабатываемого слоя почвы (пласта); безотвальным рыхлением без оборота обрабатываемого слоя почвы; перемешиванием почвы обрабатываемом слое фрезой, роторными орудиями. Для основной обработки почвы используют следующие приемы: вспашку безотвальное рыхление, глубокую плоскорезную обработку, фрезерование, чизелевание. К специальным приемам основной обработки почвы относят двухъярусную, трехъярусную и плантажную вспашку, щелевание, кротование.

Вспашка — прием основной обработки почвы, при котором выполняются следующие технологические операции: оборачивание обрабатываемого слоя не менее чем на 135° ; частичное перемешивание и рыхление почвы; подрезание корней и органов вегетативного размножения сорных растений в почве, заделка удобрений и остатков растений. Рыхление почвы при вспашке повышает активность почвенной микрофлоры, увеличивает количество доступных для растений питательных веществ. Семена сорных растений заделываются в глубокие слои почвы, теряют всхожесть или погибают их проростки. Глубокая запашка разрезанных вегетативных органов размножения многолетних сорных растений замедляет прорастание почек или приводит к их гибели.

Для вспашки применяют плуги с различными корпусами: отвальные с культурной, винтовой и полувинтовой формами рабочей поверхности; вырезные; дисковые; с почвоуглубителем и др. (рис. 18).

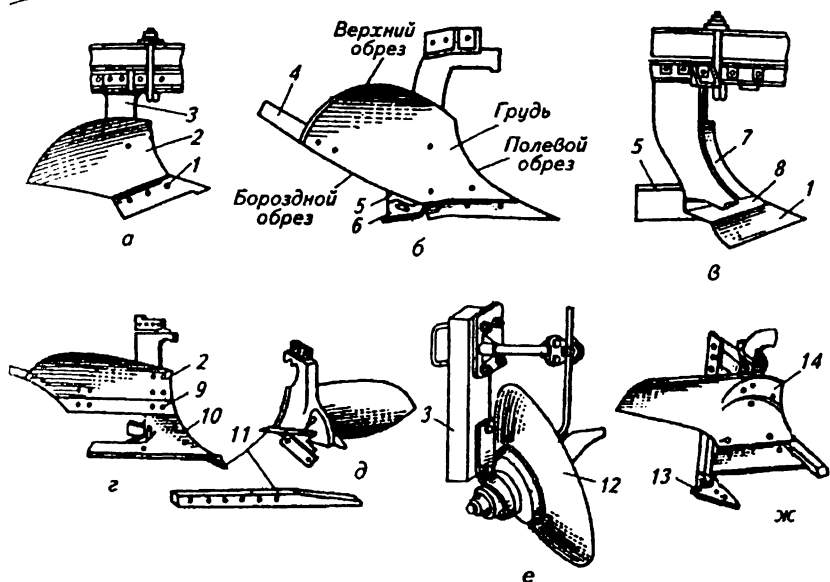


Рис. 18. Корпуса плуга: а — культурный; б — полувинтовой; в — безотвальный; г — вырезной; д — с выдвижным долотом; е — дисковый; ж — с почвоуглубителем; 1 — лемех; 2 — отвал; 3 — стойка корпуса; 4 — перо отвала; 5 — полевая доска; 6 — пятка полевой доски; 7 — щиток; 8 — уширитель; 9, 10 — верхний и нижний лемеха; 11 — долото; 12 — диск; 13 — почвоуглубительная лапа; 14 — углосним

Степень крошения и угол обрачивания пласта при вспашке зависят от конструкции корпусов плуга, формы отвалов и скорости движения агрегата. Плуги с винтовыми отвалами полнее обрачивают пласты, но меньше их крошат. Их целесообразнее применять для вспашки полей, занятых многолетними травами, на задернелых почвах при коренном улучшении природных кормовых угодий.

Плуги с культурными корпусами лучше крошат обрачиваемый пласт. Если на таких плугах установлены предплужники, то лучше обрачивается пласт и заделываются растительные остатки. Установленные впереди корпусов плуга предплужники отрезают часть пахотного слоя на глубину 8—12 см и обрачивают его на дно борозды. Основной корпус плуга подрезает нижележащий слой почвы на глубину вспашки, крошит и обрачивает его на сброшенный предплужником слой. Такую вспашку плугом с предплужниками называют культурной. При вспашке осу-

ществляется заделка дернины, удобрений, семян и органов вегетативного размножения сорных растений, остатков растений, вредителей и возбудителей болезней.

Глубина вспашки зависит от почвенно-климатических условий, мощности пахотного слоя, биологических особенностей культуры, под которую обрабатывается поле, от системы обработки почвы в севообороте и засоренности почвы. Вспашка на глубину до 20 см считается мелкой, на глубину 20—23 см — обычной, 24—40 см — глубокой, глубже 40 см — плантажной. Для вспашки почвы применяют плуги различных марок: навесные (ПЛН-3-35, ПЛН-4-35, ПЛН-5-35, ПОН-5, ПОН-4-35); полунавесные (ПЛН-6-35); фронтальные (ПФ-2А) и др. (рис. 19).

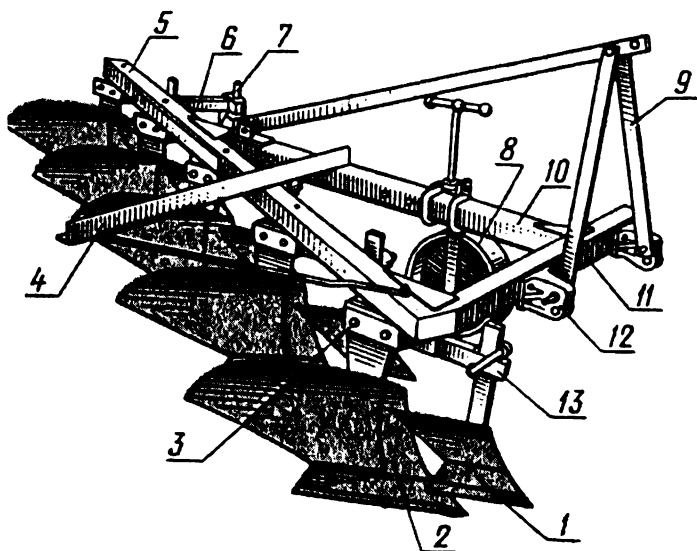


Рис. 19. Навесной плуг ПЛН-5-35: 1 — предплужник; 2 — корпус; 3 — угольник; 4 — прицепка для борон; 5 — главная балка; 6 — кронштейн крепления ножа; 7 — дисковый нож; 8 — опорное колесо; 9 — навеска; 10 — продольная балка; 11 — поперечная балка; 12 — кронштейн; 13 — кронштейн предплужника

Качество вспашки в большой степени зависит от влажности почвы, технического состояния агрегата и его регулировки, рельефа и конфигурации поля. Лучшее качество рыхления и крошения при вспашке достигается при физической спелости почвы. Оценку качества вспашки проводят в начале работы и

ходе ее выполнения. Качество вспашки оценивают по следующим показателям:

Оцениваемые показатели	Параметры допустимых отклонений
Отклонение средней глубины вспашки от заданной, %	± 10
Крошение почвы (доля комков диаметром более 5 см), %	10—15
Высота свального гребня, см	5—7
Глубина вспашки под свальным гребнем	Не менее половины заданной глубины вспашки
Заделка растительных остатков, сорняков, удобрений	Полная
Прямолинейность вспашки (отклонение от прямолинейности на 100 м гона), см	± 10
Невспаханные полосы, клинья и другие огрехи	Не допускаются

Безотвальная обработка почвы — прием основной обработки почвы, при котором выполняются следующие технологические операции: рыхление почвы без ее оборачивания с сохранением стерни до 50 % на поверхности поля, подрезание сорных растений. Такая обработка почвы применяется в условиях недостаточного увлажнения, в степной зоне, где почвы подвергаются ветровой эрозии. Глубокое безотвальное рыхление на 35—40 см по рекомендации Т. С. Мальцева проводится один раз в 3—5 лет в сочетании с ежегодными мелкими обработками.

На полях, обработанных безотвальными орудиями, хорошо впитываются осадки, вода при таянии снега, уменьшается поверхностный сток. Безотвальную обработку почвы проводят различными плугами: конструкции Т. С. Мальцева; со снятыми отвалами; с усовершенствованными подрезными лапами — ЛП-035 (стойки СибИМЭ) и др.

Безотвальное рыхление на 25—27 см проводят при осенней зяблевой обработке, чаще под пропашные культуры, на чистых паровых полях, для предпосадочного рыхления под картофель.

Чизелевание — прием основной обработки почвы на глубину 20—40 см, при котором выполняются следующие технологические операции: рыхление и частичное перемешивание без оборота пласта, углубление пахотного слоя почвы. Рыхление уплотненных слоев почвы при чизелевании увеличивает водопрони-

цаемость и аэрацию почвы, облегчает проникновение корней растений. Этот прием проводят для предпосадочного рыхления почвы под картофель и корнеплоды. Для чизелевания применяют плуг ПЧ-2,5, ПЧ-4,5 с приспособлениями для выравнивания гребней.

Плоскорезная обработка — прием обработки почвы, при котором выполняются следующие технологические операции: рыхление почвы на различную глубину от 8 до 30 см без оборачивания обрабатываемого слоя, подрезание корневой системы сорных растений. При обработке почвы плоскорезными орудиями сохраняется до 80—90 % стерни, которая защищает почву от выдувания ветром, снижает испарение воды, а зимой задерживает снег. Поэтому такую обработку применяют в засушливых условиях при проявлении ветровой эрозии, при уходе за чистыми и кулисными паровыми полями, в системе основной и предпосевной обработок почвы под озимые и яровые культуры.

Глубина и количество плоскорезных обработок зависят от почвенно-климатических условий и засоренности почвы. Глубокую плоскорезную обработку от 16 до 30 см проводят плоскорезами-глубококорыхлителями: ПГ-3-100, КПГ-2-150, КПГ-250 (рис. 20, 21). Мелкую обработку от 8 до 16 см проводят культиваторами-плоскорезами КПШ-9, КПШ-5 (рис. 22).

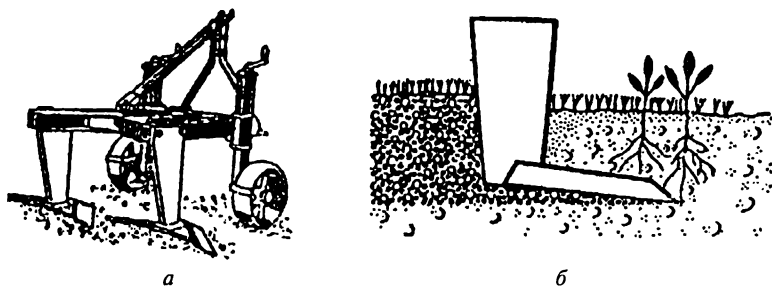


Рис. 20. Культиватор-плоскорез-глубококорыхлитель КПГ-250: а — культиватор; б — схема рабочего процесса

Для внесения гранулированных минеральных удобрений на глубину обработки почвы применяют плоскорез-глубококорыхлитель, оборудованный бункером для удобрений и туковысевающими аппаратами (рис. 23).

Сроки, глубина и орудия плоскорезной обработки устанавливаются в соответствии с агротехническими требованиями с

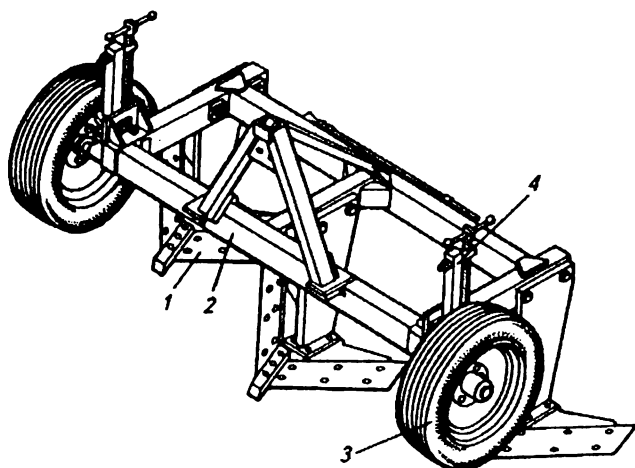


Рис. 21. Плоскорез-глубокорыхлитель ПГ-3-100: 1 — плоскорежущая лапа; 2 — рама; 3 — опорное колесо; 4 — механизм опорного колеса

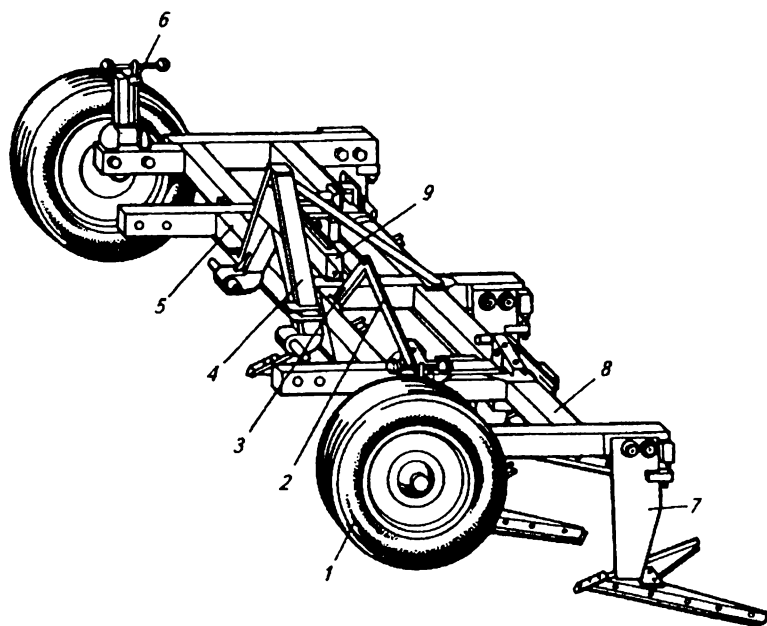


Рис. 22. Широкозахватный культиватор-плоскорез КПШ-5: 1 — пневматическое колесо; 2 — тяга; 3 — рычаг; 4 — замок; 5 — центральная рама; 6 — механизм опорного колеса; 7 — рабочий орган; 8 — боковая рама; 9 — гидроцилиндр

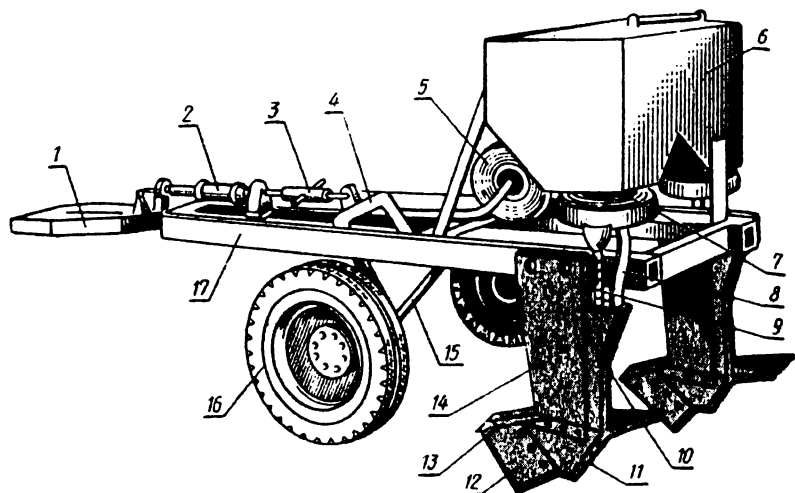


Рис. 23. Культиватор-глубокорыхлитель-удобритель КПГ-2,2: 1 — прицепное устройство; 2 — гидроцилиндр; 3 — регулятор глубины; 4 — полуось; 5 — вентилятор; 6 — бункер; 7 — высеивающий аппарат; 8 — воздухопровод; 9 — тукопровод; 10 — смеситель; 11 — распределитель; 12 — лемех; 13 — долото; 14 — стойка; 15 — карданный вал; 16 — колесо; 17 — рама

учетом зональных особенностей, типа и влажности почвы, биологических особенностей культуры, под посев которой готовится поле.

Качество плоскорезной обработки почвы оценивается по следующим показателям (табл. 18).

Необработанные полосы между смежными проходами плоскорезов, оставляемые клинья считаются браком в работе. Поворотные полосы должны быть обработаны на заданную глубину плоскорезного рыхления.

Фрезерование — прием обработки почвы фрезами, при котором выполняются следующие технологические операции: интенсивное рыхление почвы, крошение и тщательные перемешивание, уничтожение проростков, семян и вегетирующих сорных растений, заделка удобрений, гербицидов, других химических мелиорантов. При работе фрезы специальные ножи, установленные на вращающемся барабане, захватывают слой почвы и под действием центробежной силы отбрасывают его на защитный кожух. Почва хорошо разрыхляется, крошится, перемешивается с растительными остатками и внесенными удобрениями. Фре-

Таблица 18. Агротехнические требования к плоскорезной обработке почвы

Оцениваемые показатели	Допустимые отклонения при глубине рыхления, см	
	8—16	25—27
Отклонение средней глубины обработки от заданной, %	±10	±10
Крошение почвы (доля комков диаметром 3—5 см при мелкой обработке и 3—10 см при глубокой), %	80	80
Степень сохранности стерни (за один проход плоскореза), %	85—90	70—80
Высота гребней, образуемых стойками рыхлителей, см	6	5
Ширина борозд, образуемых стойками рыхлителей, см	15	15
Подрезание сорных растений	Полное	Полное
Перекрытие смежных проходов, см	10	10

зерной обработкой можно заменить вспашку, культивацию. Глубина фрезерования под картофель, корнеплоды составляет 15—20 см, под зерновые культуры — 8—12 см. Для фрезерной обработки почвы используют различные фрезы: полевые, садовые, болотные. Болотными фрезами (ФБН-1,5, ФБН-2) обрабатывают луга с мощной дерниной при поверхностном и коренном улучшении природных кормовых угодий.

Двухъярусная вспашка — специальный прием основной обработки почвы на глубину 35—40 см, при котором выполняются следующие технологические операции: первый вариант — рыхление и оборачивание верхней части пахотного слоя корпусами верхнего яруса с одновременным рыхлением нижней части без оборачивания корпусами нижнего яруса плуга; второй вариант — взаимное перемещение верхней и нижней частей пахотного слоя в вертикальном направлении. Такая двухъярусная вспашка обеспечивает глубокую заделку растительных остатков, дернины, сорных растений, удобрений и мелиорантов, она применяется при окультуривании дерново-подзолистых почв, распахивке лугов, занятых многолетними травами, обработке почвы под технические культуры.

Трехъярусная вспашка — специальный прием основной обработки почвы на глубину 40—50 см, при котором выполняются следующие операции: рыхление с частичным или полным пере-

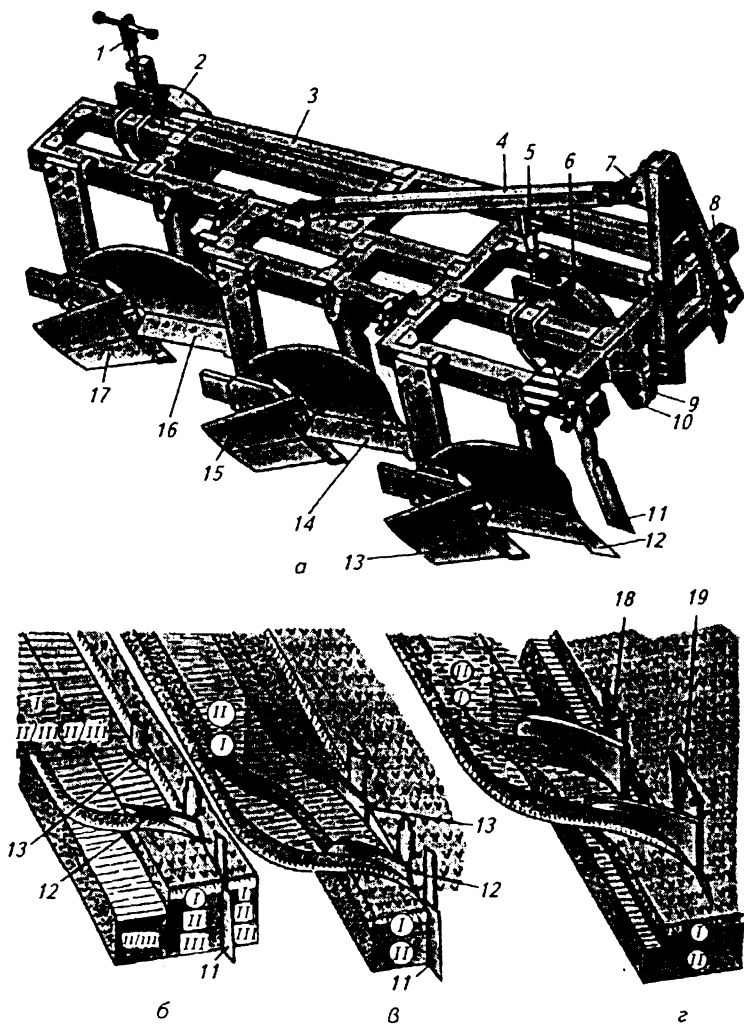


Рис. 24. Ярусный плуг ПТН-3-40 (а) и технологический процесс ярусной вспашки (б—г): 1, 5 — винтовые механизмы; 2, 6 — опорные колеса; 3 — рама; 4 — тяга; 7 — замок навески; 8 — поперечная балка; 9 — кронштейн; 10 — отверстия; 11 — нож; 12, 14, 16, 19 — корпуса верхнего яруса; 13, 15, 17, 18 — корпуса нижнего яруса

мещением трех горизонтов почвы в вертикальном направлении: гумусовый горизонт дерново-подзолистой почвы после оборачивания остается на месте, а подзолистый и иллювиальный горизонты меняются местами. Применяют трехъярусную вспашку при окультуривании дерново-подзолистых почв и солонцов. Выполняется она трехъярусными плугами ПТН-3-40, ПНЯ-4-40 и др. (рис. 24).

Плантажная вспашка — специальный прием обработки почвы на глубину более 40 см при улучшении природных кормовых угодий, под плодовые насаждения и лесопосадки. При такой вспашке почва рыхлится, оборачивается обрабатываемый слой, заделываются растительные остатки, дернина, органические и минеральные удобрения, другие мелиоранты. Плантажная вспашка проводится специальными плугами: ППН-40, ППН-50 и др.

Щелевание — специальный прием обработки почвы для нарезания щелей шириной 3—5 см на глубину 40—60 см с расстоянием между ними от 70 до 200 см. Этот прием обработки почвы улучшает аэрацию почвы, повышает ее водопроницаемость. Специальные устройства на щелерезах заполняют нарезанные щели рыхлой почвой со стерней и соломой (ЩЗН—1,5). Щелевание проводится для улучшения водного, воздушного и пищевого режимов осенью на посевах многолетних трав, на сенокосах и пастбищах.

19.2.2. Приемы поверхностной и мелкой обработок почвы

Глубина обработки оказывает большое влияние на свойства и режимы почвы, от нее зависят рыхление и крошение, заделка семян и вегетативных органов размножения сорных растений, удобрений, которые определяют плодородие пахотного слоя. По глубине обработку почвы делят на поверхностную (до 8 см); мелкую (от 8 до 16 см); среднюю (от 16 до 24 см); глубокую (от 24 до 40 см); плантажную (глубже 40 см).

Поверхностную и мелкую обработки проводят при подготовке почвы под посев культур, для уничтожения сорных растений, ухода за паровыми полями, посевами сельскохозяйственных культур, выравнивания поверхности почвы. К приемам поверхностной и мелкой обработок почвы относятся лущение, культивация, боронование, шлейфование, прикатывание и др.

Лушение — прием обработки почвы на глубину от 5 до 16 см, при котором выполняются следующие технологические операции: рыхление, крошение, перемешивание, подрезание сорных растений, частичное оборачивание обрабатываемого слоя с заделкой растительных остатков и удобрений. При лушении на поверхности почвы создается рыхлый слой, который уменьшает испарение воды из почвы, способствует прорастанию заделанных семян и почек сорных растений (последние уничтожаются последующими приемами обработки почвы).

Лушение жнивья после уборки зерновых и зернобобовых культур в степной зоне проводят лушильниками с плоскими дисками, а в зонах с достаточным увлажнением — со сферическими дисками на глубину 5—7 или 8—10 см в зависимости от типа засоренности, влажности почвы и предыдущих стадий севооборота. Для увеличения глубины обработки применяют дополнительный груз на лушильник и увеличивают угол оси вращения дисков (угол атаки) до 30—35°. Для лушения используют лушильники ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А.

Для лушения почвы на полях, засоренных корневищными и корнеотпрысковыми сорными растениями, при разделке дернины после многолетних трав и при улучшении природных кормовых угодий применяют тяжелые дисковые бороны с вырезными лопастными дисками — БДТ-3, БДТ-7, БДТ-10 (рис. 25) или лемешные лушильники (при обработке почвы на глубину 12—16 см). В зонах, где почвы подвергаются ветровой и водной эрозии, лушение заменяют культивацией или плоскорезной обработкой.

Культивация — прием сплошной или междурядной обработки почвы на глубину 5—12 см, при котором выполняются следующие технологические операции: рыхление, крошение, перемешивание почвы, подрезание сорных растений и выравнивание поверхности поля. При культивации на поверхности почвы создается рыхлый слой, оптимизируется воздушный режим, увеличивается биологическая активность почвы.

Культивацию нужно проводить поперек направления вспашки и других предшествующих обработок в агрегате с боронами, а при подсыхании почвы — лучше с кольчатыми катками. Культивацию проводят прицепными и навесными культиваторами с различными типами рабочих органов — лап (рис. 26).

Для предпосевной обработки почвы и паровых полей применяют культиваторы КПС-4А, КД-6, КШ-3,6А, КШУ-6 и др.

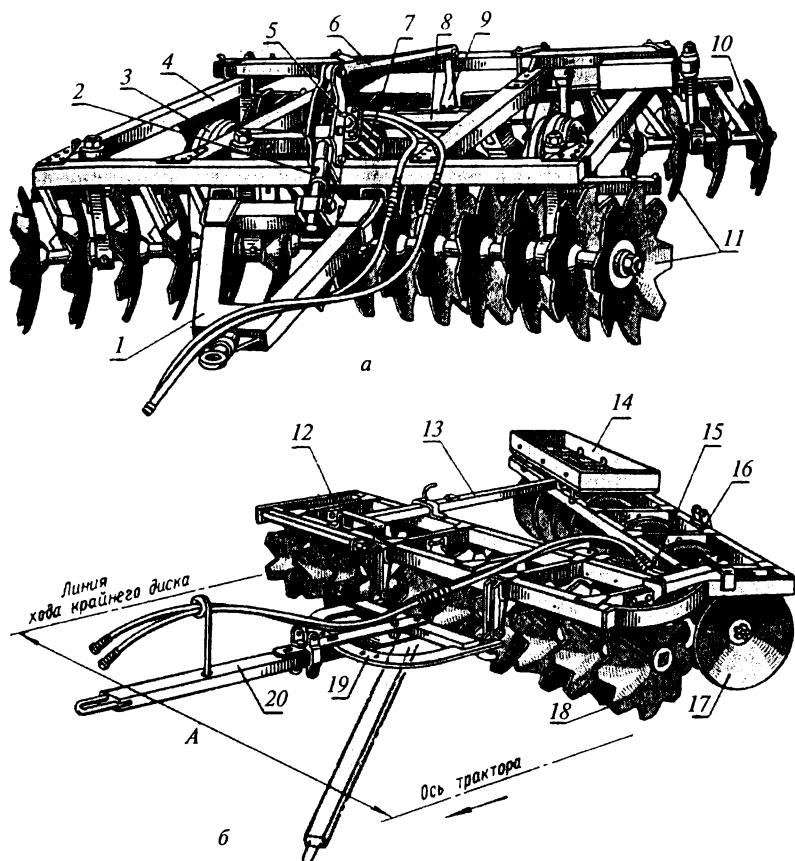


Рис. 25. Тяжелые дисковые бороны: *а* — полевая БДТ; *б* — садовая БДСТ; 1 — прицепное устройство; 2 — регулировочный винт; 3 — колесо; 4 — рама; 5 — рычаг; 6, 20 — тяги; 7, 15 — гидроцилиндры; 8 — коленчатая ось; 9 — кулак; 10 — чистик; 11, 17, 18 — батареи; 12, 16 — секции; 13 — брус; 14 — ящик; 19 — сектор

(рис. 27). Междурядные обработки проводят культиваторами КРН-4,2; КРН-5,6; КОН-2,8; УСМК-5,4А, которые оборудованы аппаратами для внесения удобрений.

На почвах, подверженных ветровой эрозии, применяют противоэрозионные культиваторы (КПЭ-3,8) и культиваторы-плоскорезы КПШ-5, КПШ-9, которые обрабатывают почву на глубину 8—16 см с сохранением стерни на поверхности почвы.

Боронование — прием поверхностной обработки почвы боронами, при котором выполняются следующие технологические

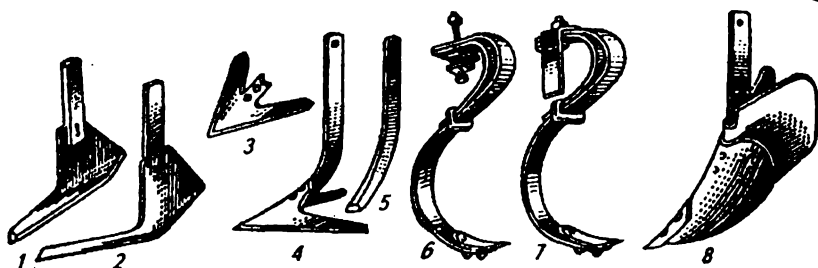


Рис. 26. Основные типы лап культиваторов: 1, 2 — односторонние плоскорежущие; 3, 4 — стрелчатые плоскорежущие; 5 — рыхлительная долотообразная; 6, 7 — рыхлительные на пружинных стойках; 8 — корпус окучника

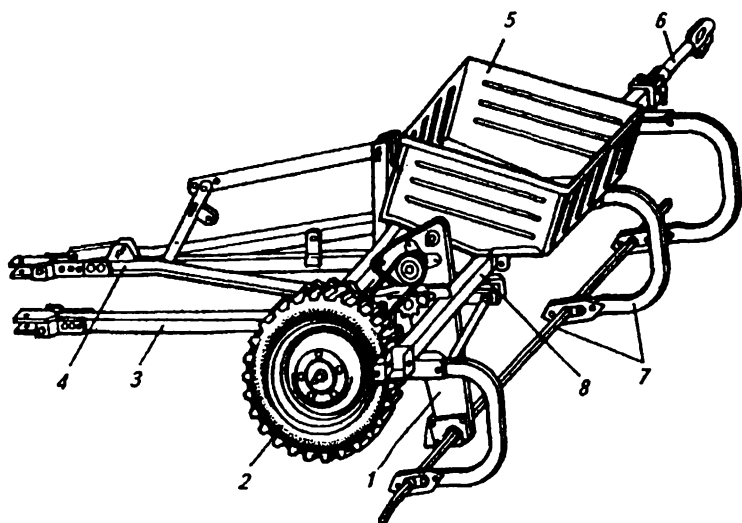


Рис. 27. Штанговый культиватор КШ-3,6А: 1 — центральный грядиль; 2 — приводное колесо; 3 — тяга; 4 — прицеп; 5 — бункер; 6 — стяжка; 7 — грядиль со штангой; 8 — рама

операции: рыхление, крошение, выравнивание почвы и уничтожение проростков сорных растений.

В системе предпосевной обработки почвы и при уходе за посевами боронование проводят как отдельный самостоятельный прием. Обычно боронование совмещают с другими приемами обработки почвы: вспашкой, культивацией, посевом.

Ранневесеннее боронование почвы, вспаханной с осени (зяби), и черных паров обеспечивает рыхление и выравнивание

пахни. Рыхлый мульчирующий слой уменьшает испарение почвенной влаги. Выровненная поверхность почвы способствует равномерной заделке семян при посеве.

Боронование посевов до и после всходов — эффективный прием уничтожения проростков семян сорных растений и разрушения прочной корочки, образующейся при высыхании почв (особенно суглинистых) после дождей. Применяют бороны с различными рабочими органами: зубовые, сетчатые, игольчатые и др. Боронование после всходов культур проводят зубовыми легкими, средними и сетчатыми боронами: БЗСС-1,0 и др. (рис. 28). Легкие бороны рыхлят почву на глубину 2—3 см, средние — на 4—6 см.

В системе плоскорезной почвозащитной обработки почвы боронование проводят игольчатыми боронами БИГ-3А.

Прикатывание — прием обработки почвы, применяемый для уплотнения, крошения комков и выравнивания. Его проводят для уплотнения поверхностного слоя почвы после вспашки, лущения, культивации с целью уменьшения испарения воды, которое больше в рыхлой почве.

Прикатывание почвы перед посевом создает условия для равномерной глубины заделки семян мелкосеменных культур: многолетних трав, льна, корнеплодов и др. Прикатывание почвы после посева культур проводят в сухую погоду для увеличения капиллярного притока воды к высеянным семенам, улучшения их контакта с почвой и ускорения прорастания.

Для самостоятельного прикатывания используют гладкие водоналивные, кольчато-шпоровые, кольчатые и другие виды катков.

Очень часто катки применяют в агрегатах при лущении, культивации и посеве сельскохозяйственных культур посевными почвообрабатывающими комплексами ППК-7,2; ППК-8 и др.

Шлейфование — прием поверхностной обработки почвы для рыхления и выравнивания поверхности поля перед посевом овощных и других мелкосеменных культур. Этот прием проводят шлейф-боронами ШБ-2,5, малой-выравнивателем МВ-6,0А, планировщиками П-2,8А, ППА-3,0 в условиях орошаемого земледелия.

Приемы предпосевной обработки должны создавать разрыхленный слой почвы с мелкокомковатой структурой на глубину посева культуры и уплотненное ложе для семян, подрезать все сорные растения и уничтожить их проростки. Предпосевную об-

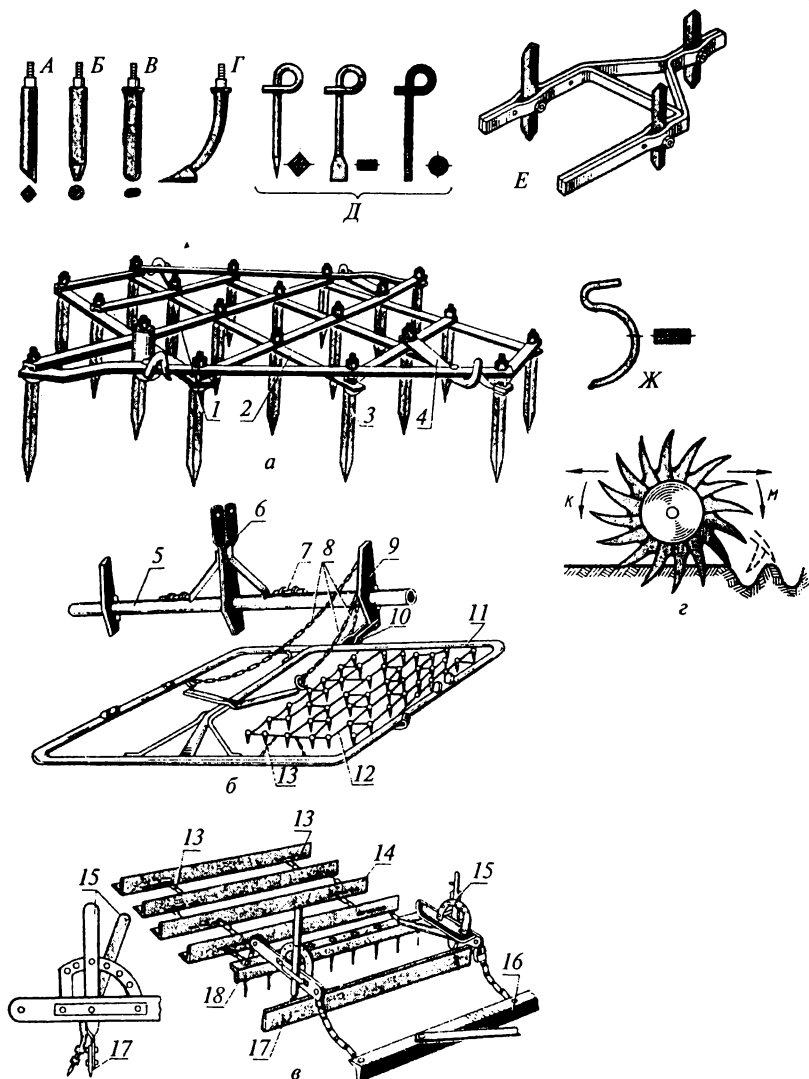


Рис. 28. Бороны: *А* — зуб квадратного сечения; *Б* — зуб круглого сечения; *В* — зуб овального сечения; *Г* — лапчатый зуб; *Д* — зубья сетчатой бороны; *Е* — ножевые зубья луговой бороны; *Ж* — зуб пружинной формы; *а* — БЗТС-1,0; *б* — сетчатая БСО-4; *в* — шлейф-борона ШБ-2,5; *з* — игольчатый диск мотыги; 1, 2 — планки рамы; 3 — зуб; 4 — прицепное устройство; 5 — брус навески; 6 — стойка; 7 — палец; 8, 13 — цепи; 9 — кронштейн; 10 — тяга; 11 — рамка; 12 — сетчатое полотно; 14 — шлейф; 15 — рычаг; 16 — вага; 17 — нож; 18 — грабли

работку оценивают по качеству подготовки почвы к посеву, а не по отдельным приемам. Оценку проводят непосредственно перед посевом культур.

Качество предпосевной обработки почвы оценивают по следующим показателям:

Показатели качества подготовленной к посеву почвы	Параметры допустимых отклонений
Отклонение средней глубины обработки от заданной, см	± 1
Глыбистость (доля комков диаметров 3 см и более), %	Для озимых 15—20, для яровых 5—10
Высота гребней, см	Не более 4
Поверхность почвы	Выровненная
Подрезание сорных растений	Полное
Наличие необработанных полос, клиньев и других недостатков	Не допускается

При подготовке почвы к посеву плоскорезами и противоэрозийными культиваторами должно сохраняться не менее 60 % стерни на поверхности почвы.

Глава 20

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПОД ЯРОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Один отдельно взятый прием обработки почвы, выполняющий несколько технологических операций, не решает всех задач обработки при возделывании сельскохозяйственных культур. Подготовку почвы проводят приемами основной, мелкой, поверхностной обработок. Поэтому все приемы механической обработки почвы (основной, предпосевной и послепосевной), выполняемые для регулирования почвенных режимов, улучшения фитосанитарного состояния полей, увеличения мощности пахотного слоя и предупреждения эрозионных процессов при выращивании сельскохозяйственных культур, объединяют в системы.

Под системой обработки почвы понимают комплекс научно обоснованных приемов обработки, последовательно выполняемых при выращивании одной культуры или группы культур, сходных по биологическим особенностям и технологии возделывания, обработке паровых полей для создания оптимальных почвенных режимов применительно к местным почвенно-климатическим условиям и требованиям культур. Система обработки почвы под отдельные культуры включает основную, предпосевную и послепосевную (уход за посевами культур).

Применяемые системы обработки зависят от местных естественных географических условий, засоренности полей, предшествующих стадий севооборота и биологических особенностей культур. Для яровых и озимых культур применяют различные системы обработки почвы.

Система обработки почвы под яровые культуры включает, в зависимости от предшественника, обработку: после однолетних культур обычного рядового способа посева; широкорядного способа посева (пропашных); сеяных многолетних трав; чистых и кулисных паровых полей; под промежуточные культуры и после их уборки.

Система обработки почвы под озимые культуры включает обработку чистых кулисных, занятых паровых полей и после непаровых предшественников.

20.1. Обработка почвы после однолетних культур обычного рядового посева

После уборки однолетних культур (зерновые злаковые, зернобобовые и др.) на полях остаются осыпавшиеся семена и растущие сорные растения, которые служат местом зимовки вредителей и возбудителей болезней культурных растений. Почва бывает уплотненной, плохо впитывает воду, что увеличивает поверхностный сток.

Главная задача обработки почвы после уборки однолетних культур сплошного посева — уменьшить испарение воды, уничтожить растущие сорные растения, разрыхлить почву, заделывать во влажный слой семена сорных растений.

В зависимости от зональных условий возможны различные варианты летне-осенней основной обработки почвы. Обработку в летне-осенний период под посев яровых культур в следующем году называют зяблевой. Приемы зяблевой обработки зависят от местных почвенно-климатических условий, засоренности полей, реакции последующих культур на глубину обработки и углубление пахотного слоя, возможности развития водной эрозии и дефляции почвы.

В зонах с продолжительным теплым послеуборочным периодом с коэффициентом увлажнения ≥ 1 или при орошении на почвах, неподверженных эрозии, чаще всего зяблевая обработка начинается с лущения, которое проводится сразу после уборки культур. При лущении подрезаются сорные растения, заделываются в почву семена сорных растений, которые быстрее прорастают и уничтожаются последующими обработками. Вместе с сорными растениями уничтожаются вредители и возбудители болезней сельскохозяйственных культур.

Глубина лущения зависит от типа засоренности полей, плотности и влажности почвы. Малолетние сорные растения уничтожаются лущением на глубину 5–8 см. Для лущения применяют дисковые лущильники ЛДГ-5А, ЛДГ-10А и др., а на тяжелых почвах — тяжелые дисковые бороны БДТ-7, БДТ-10. Направле-

ние лушения должно совпадать с направлением предыдущей вспашки. Поля, засоренные корневищными и особенно корнеотпрысковыми сорными растениями, лушат на глубину до 12—14 см лемешными лущильниками ППЛ-5, дисковым культиватором КД-6 и др., которые хорошо подрезают корни и органы вегетативного размножения сорных растений. При сильном засорении лушение проводят дважды (вдоль и поперек). При сухой погоде лушение проводят в агрегате с катками.

Через две-три недели, при прорастании почек возобновления на отрезках корневищ и корневых отпрысков, проводят культурную вспашку плугами с предплужниками (зяблевая вспашка зябь). При вспашке всходы сорных растений заделываются почву на глубину 25—27 см, где они погибают. При вспашке вносятся органические и минеральные удобрения, другие мелиоранты. Чем раньше проводится зяблевая вспашка, тем больше накапливается в почве доступных для растений питательных веществ, полнее уничтожаются сорные растения. Если на вспаханной почве появляются сорные растения, то их уничтожают поверхностными обработками. Для условий Западной Сибири ранней считается зябь, проведенная до 5 сентября, в Центрально-Черноземной зоне, в Среднем Поволжье и других южных районах — до 20 сентября.

В регионах с коротким послеуборочным периодом вспашку проводят без предварительного лушения, так как оно здесь неэффективно.

Глубина летне-осенней вспашки зависит от типа почвы, мощности гумусового горизонта, от видового состава сорных растений и биологических особенностей культуры, под которую готовят почву. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах под яровые зерновые пахут на 16—18 см. При засорении полей многолетними сорными растениями глубину вспашки увеличивают до 20—22 см. Под пропашные культуры на черноземах и серых лесных почвах применяют глубокую вспашку на 28—30 см.

В степной зоне Западной Сибири, Нижнего Поволжья, при коэффициенте увлажнения <1 , на почвах, подверженных водной эрозии и дефляции, вместо лушения проводят рыхление почвы игольчатыми боронами (БИГ-3А) или культиваторами-плоскорезами КПШ-5, КПШ-9, КПШ-11 на глубину 10—12 см, которые подрезают сорные растения, оставляя стерню на поверхности почвы. При отрастании многолетних сорняков плоскорезную обработку повторяют. Осеннюю вспашку заменяют плоскорезной

обработкой плоскорезами-глубококорыхлителями на 16—18 см. Такая плоскорезная обработка с сохранением стерни защищает почву от дефляции, уменьшает испарение воды, снижает минерализацию гумуса. Стерня зимой задерживает снег на полях.

20.2. Особенности обработки почвы после пропашных культур

После уборки пропашных культур (сахарная и кормовая свекла, кукуруза, подсолнечник, картофель и др.) поля менее засорены сорными растениями, почва находится в рыхлом состоянии, поэтому вместо вспашки проводят осеннее лушение на 10—12 см или плоскорезную обработку. На тяжелых почвах при засорении многолетними сорными растениями проводят безотвальное рыхление или вспашку плугами с предплужниками после предварительного дискования тяжелыми дисковыми боронами.

На легких почвах при проявлении эрозии основную обработку проводят плоскорезами на глубину 12—14 см, или БИГ-3А, БМШ-15, или оставляют поле необработанным до весны. На солонцовых почвах и склонах проводят глубокое плоскорезное рыхление на 25—27 см поперек склонов для увеличения водопроницаемости почвы. В зимний период проводят снегозадержание.

20.3. Обработка почвы после сеяных многолетних трав

Почва после возделывания многолетних трав в течение 3—4 лет и более, особенно в почвозащитных травопольных севооборотах и на выводных полях, остается более связной, сильно иссушенной, верхний слой бывает густо переплетен живыми и отмершими корнями растений.

Главной задачей основной обработки почвы после многолетних трав является разделка дернины, лишение жизнеспособности органов вегетативного возобновления трав и создание благоприятных условий для разложения органических веществ. В зависимости от мощности дернины, типа почвы, засоренности и продолжительности теплого периода после уборки трав применяют различные варианты основной обработки. Ранние летние сроки

обработки многолетних трав благоприятно влияют на разложение дернины. При коротком послеуборочном периоде сразу после первого укоса трав проводят вспашку плугами с предплужниками на глубину более 20 см. Для уменьшения испарения воды после вспашки проводят дискование и прикатывание почвы.

На тяжелых почвах при мощной дернине перед вспашкой проводят обработку тяжелыми дисковыми боронами в двух направлениях на глубину 8—10 см. Через 15—20 дней проводят культурную вспашку на глубину 25—27 см.

В условиях достаточного увлажнения, при коэффициенте увлажнения ≥ 1 , или при орошении проводят два-три укоса многолетних трав и основную обработку почвы проводят осенью. В этом случае за счет большего урожая трав повышается общая продуктивность севооборота.

В степной зоне основную обработку проводят как можно раньше после первого укоса трав, особенно после житняка, дернина которого медленно разлагается в почве. В Алтайском крае по рекомендации АНИИЗиС внедряется почвоводоохранный вариант системы обработки пласта многолетних трав, сущность которого заключается в замене вспашки на глубокую плоскорезную обработку после тщательной разделки дернины тяжелыми дисковыми боронами.

20.4. Обработка почвы на паровых полях

Под пары чаще всего оставляются поля после зерновых злаковых культур, зернофуражных, льна, подсолнечника, гречихи. Главные задачи обработки паров — уничтожение сорных растений, накопление влаги и доступных для растений питательных веществ, предупреждение развития эрозии почвы.

В условиях достаточного увлажнения и слабого проявления ветровой эрозии обработку черного пара начинают со вспашки по типу зяби после уборки предшественника с соблюдением вышеизложенной технологии основной обработки почвы после непропашных культур. Под вспашку вносятся органические и минеральные удобрения.

На следующий год в весенне-летний период парования проводят последовательно заглубляющиеся культивации для уничтожения сорных растений. Механические поверхностные обра-

ботки могут быть заменены применением гербицидов. В конце лета или в начале осени проводится глубокая безотвальная обработка парового поля.

Поле, оставленное под ранний пар, с осени не обрабатывается. Весной на таком поле проводится боронование, затем в течение весны и лета — ряд культиваций по мере отрастания сорных растений, которые могут быть заменены обработкой гербицидами. В августе практикуется вспашка с заделкой органических и минеральных удобрений.

В открытой степи, при коэффициенте увлажнения <1 и проявлении дефляции почвы, обработка паровых полей должна выполнять почвозащитные функции. Поле под черный пар после уборки предшественника обрабатывается игольчатой бороной с последующей плоскорезной обработкой на 12—14 см. При уборке зерновых культур солома измельчается и разбрасывается по полю. Весной следующего года проводится боронование БИГ-3А, затем обработки плоскорезами КПШ-5, КПШ-9 и др. Механические обработки можно заменить внесением гербицидов. Последняя плоскорезная обработка проводится осенью на глубину 16—18 см под зерновые культуры и на 25—27 см — под пропашные.

В агроландшафтах с проявлением водной эрозии, на склонах крутизной более 5—7° необходимо включение в севооборот занятых паров. В качестве парозанимающих культур применяются лонник, озимая рожь на зеленый корм, рапс, горохоовсяные смеси и др. После парозанимающих культур почву обрабатывают в летне-осенний период по типу чистого пара. Такая обработка после рано убираемых культур называется полупаровой. В степной зоне вспашку заменяют плоскорезной обработкой на глубину 12—14 см. Последнюю обработку проводят осенью на глубину 16—18 см под яровые зерновые и на 25—27 см под пропашные культуры. Зимой практикуют снегозадержание.

20.5. Предпосевная обработка почвы под яровые культуры

Предпосевная обработка — совокупность приемов мелкой или поверхностной обработки почвы, выполняемых в установленной последовательности со дня начала весенних полевых ра-

бот до посева или посадки сельскохозяйственных культур. Задачи предпосевной обработки:

1. Уничтожить всходы и проростки семян сорных растений.
2. Создать слой почвы необходимой рыхлости и выровненности для уменьшения испарения воды, усиления микробиологической активности, оптимизации воздушного, теплового и пищевого режимов почвы для всходов культурных растений.
3. Создать оптимальное по глубине, плотности и влажности посевное ложе.
4. Выровнять поверхность почвы для качественного проведения последующих полевых работ: посева, ухода за посевами и уборки урожая.

Основные приемы предпосевной обработки — ранневесеннее боронование, культивация, лущение и прикатывание.

Главная задача ранневесеннего боронования — сохранение влаги, снижение испарения, достигаемые при выравнивании поверхности почвы. Весной после таяния снега происходит интенсивное испарение воды по капиллярам почвы. Боронованием разрыхляют поверхностный слой, что значительно снижает испарение воды. На полях, обработанных отвальным способом, ранневесеннее боронование проводят зубowymi боровами БЗТ-1, БЗС-1. После плоскорезной обработки применяют игольчатые бороны БИГ-3А или бороны-мотыги БМШ-15. Боронование начинают выборочно по мере наступления физической спелости почвы на различных элементах рельефа, в зависимости от экспозиции склонов. Заканчивают боронование за 1—2 дня. Направление боронования должно идти поперек направления зяблевой вспашки или по диагонали поля. Лучше рыхление почвы происходит при ранневесеннем бороновании в два следа.

Вторым после ранневесеннего боронования проводится культивация с целью уничтожения сорных растений и подготовки оптимальных условий для посева культур. На вспаханных полях почву культивируют при помощи КПС-4А, КШУ-6 и др. в агрегате с боровами, в сухую погоду — с катками. После плоскорезной основной обработки для культивации используют КПШ-5, КПШ-9, КПЭ-3,8 (рис. 29) и др. Культивация выполняется на глубину посева семян или немного глубже.

Предпосевную культивацию можно совмещать с посевом комбинированными почвообрабатывающими посевными агрегатами: КА-7,2 (фреза-сеялка); АКПП-3,6 (культиватор-сеялка);

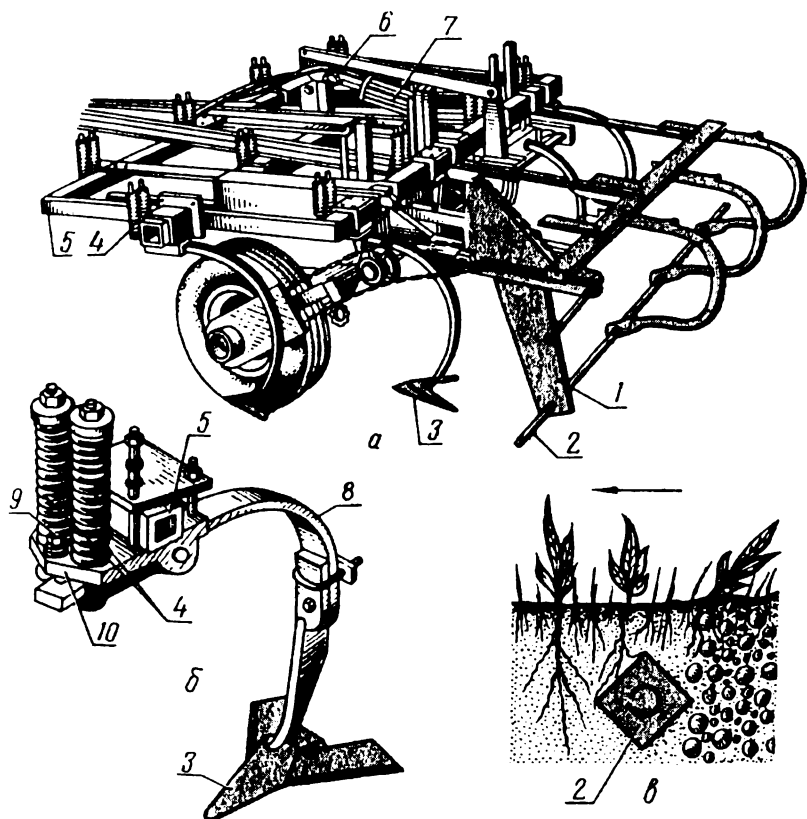


Рис. 29. Культиватор КПЭ-3,8 со штанговым приспособлением: *а* — общий вид; *б* — рабочий орган; *в* — схема работы штанги; 1, 10 — кронштейны; 2 — штанга; 3 — стрельчатая лапа; 4 — пружины; 5 — рама; 6 — упор; 7 — гидроцилиндр; 8 — упругая стойка; 9 — болт

ППК-7,2; ППК-8 или стерневыми сеялками с установленными лапами (СЗС-2,1 и др.).

При подготовке почвы под поздновысеваемые культуры (просо, гречиха и др.) после ранневесеннего боронования проводят две культивации с одновременным боронованием, а в сухую погоду с прикатыванием. Вторая культивация проводится при появлении всходов сорных растений перед посевом культуры.

Прикатывание почвы необходимо особенно перед посевом мелкосеменных культур, оно может проводиться в агрегате с культиватором.

Предпосевная обработка полей, вспаханных с осени после многолетних трав, проводится тяжелыми дисковыми боролами в агрегате с зубowymi боролами.

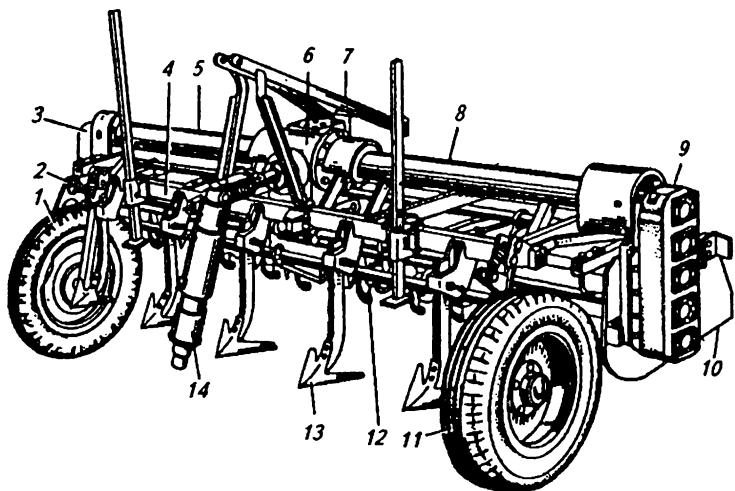


Рис. 30. Культиватор-глубокорыхлитель КФГ-3,6: 1, 11 — опорные колеса; 2 — винтовой механизм регулировки колес; 3, 9 — бортовые редукторы; 4 — рама; 5, 8 — боковые валы, закрытые кожухами; 6 — центральный редуктор; 7 — навесное устройство; 10 — кожух фрезербарабана; 12 — фрезербарабан; 13 — рыхлящая лапа; 14 — карданный вал

Лучшее качество рыхления, перемешивания почвы с удобрениями и полное уничтожение всходов сорных растений обеспечивают комбинированные почвообрабатывающие агрегаты РВК-3,6, КФГ-3,6, ПАВ-6 и др (рис. 30).

Глава 21

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПОД ОЗИМЫЕ КУЛЬТУРЫ

В зависимости от почвенно-климатических условий, уровня интенсификации земледелия озимые культуры размещают по кулисным парам, занятым парам или паровым предшественникам.

21.1. Обработка почвы на паровых полях

Обработка почвы на паровых полях изложена в разделе 20.2. Особенностью весенне-летней обработки черного пара под озимые культуры является глубокое рыхление не осенью, а летом — за месяц до посева озимых, чтобы почва достаточно самоуплотнилась. Вспашку *раннего* пара под озимые культуры проводят весной на глубину 20—22 см, сочетая ее с боронованием. Перед вспашкой вносят органические и минеральные удобрения. Если поле сильно засорено многолетними сорными растениями, то до вспашки проводят перекрестное лушение или дискование. При отрастании побегов сорных растений проводят культурную вспашку на 20—22 см.

На почвах, подверженных ветровой эрозии, на чистых паровых полях узкими трехстрочными полосами поперек направления господствующих ветров сеют кулисные растения. Ширина одной кулисы — 60—90 см, междурядья составляют 30—45 см. Расстояние между кулисами оставляют кратным ширине захвата применяемых почвообрабатывающих орудий. Кулисные растения (подсолнечник, горчица и др.) высевают в Западной Сибири в первой или во второй декадах июля. При уходе за кулисным паром обрабатывают межкулисные полосы. Посев озимых зерновых культур проводят поперек кулис. При посеве кулисы час-

тично повреждаются, а сохранившиеся растения зимой задерживают снег.

При посеве озимых по занятому пару обработка почвы под парозанимающую культуру проводится так же, как и под яровые культуры (глава 20.1). Обработка почвы после уборки парозанимающей культуры зависит от почвенно-климатических условий, засоренности поля, продолжительности периода от уборки до посева озимых культур.

В условиях достаточного увлажнения вспашку проводят сразу после уборки парозанимающей культуры. До посева озимых, по мере появления всходов сорных растений, проводят ряд культиваций в агрегате с боронованием. Вспашку иногда заменяют обработкой дисковыми орудиями на глубину 10—12 см с боронованием и последующей предпосевной культивацией. Предпосевную культивацию целесообразно сочетать с посевом комбинированными агрегатами.

Если парозанимающие культуры используются на зеленое удобрение (сидеральный пар), то при скашивании растения лучше измельчить и разбросать по полю (например, при помощи КСК-100). Заделывать или под вспашку, или тяжелыми дисковыми боронами (БДТ-7 и др.) в два следа. До посева озимых проводят мелкую культивацию или дискование на глубину 6—8 см с одновременным прикатыванием почвы.

В Алтайском крае озимые культуры размещают в основном по паровым полям. В восточных районах (Тогульский, Ельцовский, Солтонский, Целинный и др.) озимую рожь размещают в севооборотах после зернобобовых культур.

21.2. Обработка почвы после непаровых предшественников

При возможности внесения расчетных доз минеральных удобрений и широкого применения средств защиты растений озимые культуры размещают после непаровых предшественников. Озимые можно высевать после ранобуриаемых зерновых, зернобобовых и других культур (горох, горохоовсяная смесь, озимая рожь на зеленый корм).

Обработку почвы после непаровых предшественников необходимо провести в короткий срок до посева озимых. Вместо

вспашки почву обрабатывают дисковыми орудиями на глубину 10—12 см в двух направлениях в агрегате с катками. Перед посевом озимых проводят предпосевную культивацию на глубину заделки семян. Предпосевную культивацию лучше совместить с посевом комбинированными почвообрабатывающими посевными агрегатами, сеялкой СЗС-2,1.

На почвах, подверженных дефляции, обработку под озимые проводят культиваторами-плоскорезами (КПШ-5, КПШ-9, КПЭ-3,8 и др.) на глубину 10—12 см с сохранением стерни на поверхности поля. Перед посевом озимых проводят культивацию на глубину заделки семян с прикатыванием почвы кольчатыми катками ЗККШ-6А.

22.1. Принципы построения системы обработки почвы в севооборотах

Системы обработки почвы под отдельные культуры в севообороте взаимосвязаны между собой, потому что обработки под предшествующие культуры оказывают большое влияние на особенности подготовки почвы под последующие. Поэтому все системы обработки под отдельные культуры объединяют в технологические комплексы или системы обработки почвы в севооборотах. В севообороте применяют сочетание глубоких и мелких, отвальных, безотвальных и плоскорезных обработок. Но это не механическое объединение всех систем обработки почвы под культуры севооборота.

С учетом почвенно-климатических условий и взаимовлияния обработок почвы под отдельные культуры определяют возможность сокращения глубины основных, количества предпосевных обработок и применение почвозащитной обработки почвы. Если в севообороте применяют плоскорезную и отвальную обработки, но преобладает плоскорезная, то систему основной обработки в севообороте называют плоскорезно-отвальной.

При разработке системы обработки почвы в севообороте руководствуются следующими принципами.

1. *Принцип разноглубинности обработки почвы в севообороте.* Согласно этому принципу планируется научно обоснованное чередование глубокой, мелкой и поверхностной обработок в соответствии с местными почвенно-климатическими условиями, биологическими особенностями культур севооборота, их

отзывчивостью на глубину пахотного слоя. Культуры с глубокой корневой системой хорошо отзываются на глубокую обработку и лучше используют подпахотные слои почвы. Под эти культуры планируют глубокую обработку почвы с одновременным углублением пахотного слоя (горох, корнеплоды и другие пропашные культуры). Зерновые злаковые культуры обычного рядового способа посева с мочковатой корневой системой (пшеница, рожь, ячмень, овес) слабо реагируют на глубину обработки почвы. Поэтому при размещении этих культур в севооборотах, особенно после пропашных, глубину основной обработки уменьшают до 10—12 см. При разноглубинной обработке периодически разрыхляются пахотный и подпахотный (плужная «подошва») слои почвы, эффективнее становится борьба с сорными растениями.

2. *Принцип минимизации обработки почвы.* В условиях современного земледелия широкое применение находят экономичные энергосберегающие технологии, в основе которых лежит минимизация обработки почвы. Под минимальной понимают обработку почвы с обоснованным уменьшением числа обработок, их глубины и затрагиваемой ими площади поля; совмещением нескольких технологических операций за один проход агрегата. К минимальной обработке относят и нулевую, т. е. посев культур в необработанную почву. Борьбу с сорными растениями проводят в таком случае при помощи гербицидов.

Минимальная обработка применяется с целью сокращения энергетических и трудовых затрат, защиты почвы от разрушения структуры и дефляции, замедления минерализации гумуса.

К отрицательным последствиям минимизации обработки почвы следует отнести увеличение засоренности полей, поражаемости растений вредителями и болезнями. Продолжительные поверхностная и мелкая обработки приводят к дифференциации плодородия в верхней и нижней частях пахотного слоя, накоплению гумуса и питательных веществ в обрабатываемом верхнем (0—10 см) слое почвы, обеднению азотом и чрезмерному уплотнению нижнего, необрабатываемого слоя.

Внедрение минимальной обработки почвы эффективно на плодородных почвах (черноземы, каштановые, серые лесные), равновесная плотность которых близка к оптимальной для роста и развития зерновых культур (1,2—1,3 г/см³) при содержании воздуха более 15 % от объема почвы. Минимизация обработки эффективна при высоком уровне интенсификации земледелия,

технической оснащенности комбинированными почвообрабатывающими посевными агрегатами, обеспеченности удобрениями и химическими средствами защиты растений.

Основными направлениями минимизации обработки почвы являются:

1. Сокращение числа и глубины основной, предпосевной и междурядных обработок почвы, замена глубоких обработок поверхностными и мелкими с использованием широкозахватных орудий.

2. Совмещение нескольких технологических операций (рыхление, внесение удобрений, выравнивание, посев и прикатывание после посева).

3. Использование гербицидов, а не механической обработки почвы в целях борьбы с сорными растениями.

4. Мульчирование почвы соломой, сидератами.

5. Залужение низкопродуктивных эродированных почв.

3. *Принцип почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности приемов обработки почвы.* Этот принцип предусматривает экологическую оценку и выбор способов обработки почвы с высокой противоэрозионной эффективностью, уменьшение отрицательного влияния эрозии на почву и окружающую среду. Например, в степной зоне система обработки почвы должна основываться на плоскорезной обработке с сохранением 70—80 % пожнивных остатков на поверхности почвы и мульчированием соломой, что способствует сохранению воды в почве, предотвращает дефляцию.

На склонах крутизной более 5° основную обработку проводят безотвальными орудиями или плоскорезами-глубококорытелителями поперек склонов, щелевание, углубление пахотного слоя в целях уменьшения поверхностного стока и смыва почвы. Склоны круче 7° целесообразно залужать многолетними травами.

22.2. Системы обработки почвы в севооборотах

Системы обработки почвы в севооборотах включают дифференцированные технологии в зависимости от почвенно-климатических условий, биологических особенностей культур, засоренности полей, степени проявления эрозии почвы и уровня ин-

тенсификации земледелия. Они предусматривают обоснованное чередование глубокой и мелкой, отвальной, безотвальной, плоскорезной, чизельной и других способов обработки почвы.

В соответствии с зональными особенностями сельскохозяйственного производства в каждом хозяйстве, в конкретном севообороте, на элементарном ареале агроландшафта должна применяться определенная система обработки почвы, позволяющая получать максимально возможные урожаи высокого качества при сохранении и повышении плодородия почв.

В Нечерноземной зоне России в плодосменных, зернопропашных и зернотравяных севооборотах большее применение имеют отвальная разноглубинная, отвальная с почвоуглублением, комбинированная обработки в сочетании с отвальным, безотвальным, чизельным и другими способами основной обработки почвы.

В отвальной разноглубинной системе обработки применяется послеуборочное лущение стерни в 1—2 следа на глубину 8—10 см, вспашка на глубину пахотного слоя в занятом пару и под пропашные культуры, дисковое или лемешное лущение до 12—16 см под зерновые культуры севооборота. Периодичность вспашки в севооборотах центральных районов Нечерноземной зоны составляет 2—4 года.

Комбинированная система обработки почвы в севооборотах включает сочетание периодической вспашки на глубину 20—22 см или безотвального рыхления на 27—30 см под пропашные культуры с мелкой или поверхностной обработкой на глубину 8—10 см под культуры обычного рядового способа посева. Глубокие обработки проводят под зернобобовые и парозанимающие культуры.

В Центрально-Черноземной зоне России на черноземах в зернопропашных, зернопаропропашных и других видах севооборотов применяется система отвальной разноглубинной и комбинированной (отвально-плоскорезной, отвально-дисковой обработки почвы). Глубокая обработка проводится под пропашные культуры (сахарную свеклу, кукурузу, картофель, подсолнечник), под зернобобовые и в чистых парах.

В системе зяблевой обработки сразу после уборки зерновых культур проводят лущение дисковыми орудиями на 6—8 см в 1—2 следа с последующей вспашкой на глубину 20—22 см и глубоким чизелеванием на 35—40 см под пропашные культуры. Под

яровые культуры после пропашных глубину зяблевой обработки уменьшают до 16 см.

На склонах применяется система противоэрозионной обработки, включающая безотвальную со щелеванием и отвальную гребневую поперек склонов.

В *Поволжье* для севооборотов *лесостепной зоны* рекомендуют отвальную разноглубинную обработку или чередование безотвального рыхления со вспашкой. Периодичность глубокой (на 25—27 см) вспашки на черноземах составляет от трех до пяти лет. Оборачивание почвы пахотного слоя снижает засоренность полей, поражение озимых культур корневыми гнилями и мучнистой росой.

В зернопаровых севооборотах *степной зоны Поволжья* на легких почвах, подверженных дефляции, применяется система почвозащитной плоскорезной обработки с сохранением на поверхности почвы до 70—80 % стерни и мульчированием полей измельченной соломой.

На черноземных и каштановых почвах внедряется минимизация обработки почвы. Под озимые культуры, размещаемые после непаровых предшественников, под которые проводили глубокую обработку, вместо вспашки проводят мелкую обработку (10—14 см). Под яровые зерновые после озимых по чистому пару или после пропашных проводится мелкая обработка на глубину 14—16 см культиваторами КПШ-5, КПШ-9, КПЭ-3,8, дисковыми тяжелыми боронами БДТ-7 и др.

В *лесостепной и степной зонах Западной Сибири и Южного Урала* в зернопаровых и зернопаропропашных севооборотах применяется почвозащитная разноглубинная система обработки, в основе которой лежит плоскорезная обработка с сохранением до 80 % стерни на поверхности почвы. Эта система обеспечивает защиту почвы от дефляции, улучшает обеспеченность растений почвенной водой. Технологическая схема почвозащитной системы обработки для Западной Сибири приведена в табл. 19.

Почвозащитную плоскорезную обработку почвы в севооборотах лесостепной зоны чередуют со вспашкой под кукурузу на силос на глубину 25—27 см, под зернобобовые — на 20—22 см. При вспашке заделывают органические удобрения, сидеральные культуры, измельченную солому, что улучшает агрофизические свойства и плодородие почвы. Механические обработки при уходе за чистыми паровыми полями заменяют внесением гербицидов для уничтожения сорных растений.

Таблица 19. Технологическая схема обработки почвы в лесостепной зоне
(по рекомендации Омской СХА, 1993)

Культура севооборота	Система обработки почвы	Орудия обработки	Сроки проведения работ
Пар кулисный	Пожнивное рыхление на 4—5 см	БИГ-3А БМШ-15	Осенью после уборки предшественника
	Послойная плоскорезная обработка: на 10—12 см 12—14 см 14—16 см	КПШ-9 КПШ-11	По мере появления всходов сорняков
	Посев двухстрочных кулис через 8—12 см	СКН-3	10—12 июля
	Культивация межкулисных полос на глубину 12—14 см	КПШ-9	При появлении всхо- дов сорняков
Яровая пшеница	Поверхностное рыхление на глубину 4—5 см	БИГ-3А	Весной при физиче- ской спелости почвы
	Предпосевная обработка почвы на глубину 6—8 см и посев	СЗС-2,1	15—20 мая
Яровая пшеница	Плоскорезное рыхление на 12—14 см	КПШ-9 КПШ-11	После уборки предше- ственника
	Ранневесеннее рыхление на 4—5 см	БИГ-3А	Весной при физиче- ской спелости почвы
	Предпосевная культивация на 6—8 см	КПШ-9	—
	Посев	СЗС-2,1	15—20 мая
Кукуруза на силос	Вспашка зяблевая на 20—22 см с боронова- нием	ПЛН-4-35 ПЛП-6-35	После уборки предше- ственника
	Ранневесеннее боронование в 2 следа	БЗТС-1 БЗСС-1	При физической сле- пости почвы
	Культивация на 10—12 см с боронованием	КПС-4А	При появлении всхо- дов сорняков
	Предпосевная культивация на 6—8 см с бо- ронованием	КТС-10-2 КШУ-6	Перед посевом

Окончание табл. 19

Культура севооборота	Система обработки почвы	Орудия обработки	Сроки проведения работ
Яровая пшеница	Плоскорезное рыхление на 12—14 см	КПШ-9	После уборки предшественника
	Ранневесеннее боронование на 5—6 см	БИГ-3А	Весной при физической спелости почвы
	Предпосевная культивация и посев на 6—8 см	СЗС-2,1М	15—20 мая
Овес или ячмень	Плоскорезное рыхление на 14—16 см	КПШ-9 КПШ-11	После уборки предшественника
	Ранневесеннее боронование на 5—6 см	БИГ-3А	Весной при физической спелости почвы
	Предпосевная обработка на 6—8 см и посев	СЗС-2,1М	В день посева

23.1. Сроки, способы посева и нормы высева семян

Установление оптимального срока посева культуры — очень важное условие получения высокого урожая. Сроки посева зависят от многих причин: почвенно-климатических условий, биологических особенностей культур, уровня интенсификации земледелия и др. Причем установленные сроки посева для различных культур должны корректироваться в зависимости от сложившихся условий: характера весны, распределения осадков в течение периода вегетации растений, длины вегетационного периода, возможности вызревания, степени засоренности поля, развития болезней и вредителей растений и др.

Срок весеннего посева культуры определяется прежде всего по температуре почвы, благоприятной для быстрого и одновременного прорастания семян, по способности всходов переносить без повреждений возможные весенние заморозки.

Семена холодостойких культур (рапс, горох, овес, пшеница, ячмень, многолетние травы, морковь, брюква и др.) начинают прорастать при температуре почвы $+2\div+3^{\circ}\text{C}$. Оптимальная температура для полных всходов этих культур составляет $+10\div+12^{\circ}\text{C}$. Всходы переносят кратковременные весенние заморозки до -6°C . Их относят к культурам ранних сроков посева и высевают первыми при наступлении физической спелости почвы.

Сроки посева культур зависят от распределения осадков в весенне-летний период. Например, сроки посева яровой пшеницы — ведущей зерновой культуры в Алтайском крае — значи-

тельно различаются по зонам: в Западно-Кулундинской подзоне — третья декада мая, в Приобской подзоне — вторая декада мая, в восточных и предгорных районах — первая декада мая.

Семена теплолюбивых культур (просо, гречиха, сорго, кукуруза, соя, клубни картофеля и др.) начинают прорастать при температуре почвы $+8\div+10^{\circ}\text{C}$, но дружные и полные всходы появляются при $+16\div+18^{\circ}\text{C}$ и не переносят заморозков. Их относят к культурам поздних сроков посева и высевают весной в прогретую почву с таким расчетом, чтобы всходы не попали под заморозки.

Культуры, семена которых начинают прорастать при температуре почвы $+5\div+6^{\circ}\text{C}$, а всходы переносят заморозки $-3\div-4^{\circ}\text{C}$, относят к культурам средних сроков посева: вика посевная, нут, кормовые бобы, подсолнечник, свекла, лен и др.

Озимые культуры высевают за 50—60 дней до конца вегетации растений, чтобы за осенний период всходы хорошо укоренились, успешно завершился процесс кущения, растения накопили достаточный запас питательных веществ для перезимовки и весеннего отрастания.

Способ посева сельскохозяйственных культур устанавливается в зависимости от требований к площади питания, освещенности, необходимости механизированного ухода за посевами. Самым распространенным способом посева является рядовой, при котором семена высевают рядами с различной шириной междурядий. Семена заделываются в почву при помощи различных сошников сеялок.

Обычным рядовым способом называют посев с шириной междурядий от 10 до 25 см. При этом способе посева происходит загущенное распределение семян в рядах, усиливается конкуренция растений за площадь питания.

Узкорядным способом называют рядовой посев с шириной междурядий 7,5—10 см, при котором происходит более равномерное распределение семян по площади.

Перекрестным способом называют рядовой посев семян в двух пересекающихся направлениях, чаще в перпендикулярных. Рассчитанная норма высева семян делится на две части, половина из них высевается в одном направлении, другая — в перпендикулярном. При этом способе посева получается более равномерное распределение семян по площади, создаются лучшие условия для растений по освещенности, поглощению воды и питательных ве-

ществ, урожайность культур повышается. Недостатками этого способа посева являются удвоение числа проходов агрегата по полю, уплотнение почвы, увеличение затрат и времени на посев, хотя затраты окупаются дополнительным урожаем.

Широкорядным способом называют рядовой посев с шириной междурядий более 25 см. Таким способом сеют пропашные культуры: кукурузу, подсолнечник, сахарную и кормовую свеклу, овощные культуры, сою и др. с шириной междурядий 45, 60, 70 см. Такие междурядья позволяют проводить механизированный уход за посевами, рыхление почвы, внесение удобрений, уничтожение сорных растений, вредителей и возбудителей болезней.

Ленточным способом называют посев, при котором два, три или более рядков с междурядьями от 7,5 до 15 см, образующих ленты, чередуются с широкими междурядьями 45, 60 или 70 см, по которым ведут уход за посевами. Таким способом высевают овощные культуры: морковь, столовую свеклу, лук и др.

Пунктирным называют рядовой способ посева сеялками точного высева, которые обеспечивают распределение семян по одному через определенное расстояние в рядке, что освобождает от прореживания растений и повышает урожайность. Таким способом сеют кукурузу, свеклу, овощные культуры.

Совмещенным называют рядовой или широкорядный посев двух и более культур на одной площади. Возможны различные варианты совмещенного посева: семена культур смешивают в расчетном соотношении и сеют смесь в каждый рядок; семена культур сеют в разные рядки одновременно на разную глубину или всевают одну культуру в междурядья другой после всходов. Например, кукурузу с соей сеют или в каждый рядок, или чередуют через один-два ряда. Подсолнечник или горохоовсяную смесь всевают в междурядья кукурузы на силос после ее всходов и первой междурядной обработки. Многолетние травы подсевают одновременно в междурядья покровной культуры на разную глубину. Эффективны смешанные посевы кормовых культур, например горохоовсяной смеси, перекрестным способом, когда одна культура высевается в одном направлении, другая в поперечном. Такой способ посева снижает засоренность и повышает урожайность кормовых культур.

Глубина посева — расстояние от поверхности почвы до нижней части высеянных семян. Для каждой культуры устанавливается оптимальная глубина заделки семян в почву, при которой

получаются дружные и полные всходы. Она зависит от биологических особенностей культуры, величины семян, гранулометрического состава и влажности почвы. Крупные семена, например кукурузу, можно заделывать в почву на глубину 6—8 см. Мелкие семена многолетних трав, льна высевают на глубину 2—3 см, яровых зерновых — на 4—5 см, сахарной свеклы — 3—4 см.

У зернобобовых культур с тройчатыми и пальчатыми сложными листьями всходы выносят семядоли на поверхность почвы, поэтому семена высевают на небольшую глубину 4—5 см (соя, фасоль, люпин).

На легких почвах глубина посева культур несколько увеличивается, на тяжелых уменьшается на 1—2 см.

Норма высева — количество всхожих семян, высеваемых на 1 га, или их масса. Норму выражают числом всхожих семян (тысяч или миллионов штук) или их массой (кг или ц) на 1 га. Норма высева устанавливается по площади, необходимой для одного растения, при которой обеспечиваются оптимальные условия для питания и освещенности посевов, высокая урожайность.

Норма высева зависит от цели возделывания культуры (на зерно, силос, зеленый корм и др.), плодородия почвы, условий увлажнения, способов посева. В засушливых условиях норму высева культур уменьшают, в зонах достаточного увлажнения почвы или при орошении — увеличивают на 10—15 %. При широкорядном способе норма высева меньше примерно на 50 % по сравнению с обычным рядовым. Например, при широкорядном способе посева проса высевают 2 млн шт. семян, при обычном рядовом — 4 млн шт. на 1 га. Сорго на зерно сеют широкорядным способом с междурядьями 60 см с нормой высева 12—15 кг/га. На зеленый корм и сено сеют обычным рядовым способом с нормой высева 25—30 кг/га.

Масса семян при установленной норме высева зависит от всхожести и засоренности семян, массы 1000 семян. При расчете весовой нормы высева культуры сначала определяют посевную годность семян, т. е. процент всхожих семян в конкретном семенном материале. Посевная годность рассчитывается по формуле

$$П_r = \frac{В \cdot Ч}{100},$$

где $П_r$ — посевная годность семян, %; $В$ — всхожесть семян, %; $Ч$ — чистота семян от семян сорняков, %.

Весовая норма высева семян с учетом посевной годности определяется по формуле

$$H_{\phi} = \frac{K \cdot M}{P_r} \cdot 100,$$

где H_{ϕ} — фактическая норма высева, кг/га; K — количество всхожих семян по норме, млн шт. на 1 га; M — масса 1000 семян, г; P_r — посевная годность семян, %.

Например, при рекомендуемой норме высева гороха 1 млн шт. всхожих семян на 1 га, массе 1000 семян 250 г и посевной годности 95 % весовая норма высева составит:

$$H_{\phi} = \frac{1 \cdot 250}{95} \cdot 100 = 263,2 \text{ кг/га.}$$

23.2. Послепосевная обработка почвы

В период от посева до уборки урожая проводится механическая обработка почвы для создания благоприятных условий прорастания семян, появления дружных, полных всходов и борьбы с сорными растениями.

Приемы обработки почвы до всходов — прикатывание и боронование. Прикатывание проводят при посеве комбинированными агрегатами или сразу после посева как самостоятельный прием для улучшения контакта семян с твердой фазой почвы в сухую погоду. Уплотнение верхнего рыхлого слоя почвы улучшает подток воды к семенам, ускоряя появление всходов. Если почва влажная, особенно после дождя, то прикатывание проводить не следует, чтобы при высыхании на поверхности почвы не образовалась корка.

Боронование до всходов культур проводят для уничтожения проростков сорных растений, разрушения почвенной корки, которая затрудняет появление всходов растений. Корка образуется после дождей при подсыхании бесструктурных и солонцеватых почв. Разрушение этой корки проводят легкими зубowymi или стечатыми боронами, легкими ротационными мотыгами на посевах зерновых злаковых культур до появления всходов в виде щилец, а на посевах свеклы — до появления проростков семян длиной 1 см. При бороновании уничтожаются проростки семян

сорных растений. При возделывании культур с продолжительным периодом от посева до появления всходов (картофель, кукуруза, подсолнечник и др.) боронование проводят 2—3 раза, уничтожая 70—80 % всходов сорных растений.

Боронование проводят и после всходов на посевах свеклы в фазе первой пары настоящих листьев, на посевах кукурузы — в фазе 3—4 листьев на малой скорости 4—5 км/ч поперек рядков.

Междурядную обработку культур широкорядного способа посева проводят для рыхления почвы, уничтожения сорных растений, внесения подкормки. Междурядные культивации проводят по мере появления всходов сорных растений. Первую обработку на глубину 4—5 см проводят при обозначении рядков всходов пропашных культур с оставлением около рядков защитной зоны шириной 10—12 см. Для рыхления почвы и уничтожения сорных растений в защитной зоне на культиваторы устанавливают прополочные боронки.

При необходимости глубокого рыхления почвы устанавливают долотообразные или стрельчатые лапы, а для внесения удобрений — подкормочные ножи. При повторных культивациях защитную зону увеличивают до 15—17 см. Количество междурядных обработок зависит от засоренности полей и уплотненности почвы. Механические приемы обработки можно сократить, если применять гербициды для уничтожения сорных растений.

Для окучивания картофеля, капусты, томатов на культиваторы устанавливают лапы с отвалами — окучники, которые присыпают нижние части стеблей рыхлой почвой. У картофеля из окученных стеблей отрастают новые побеги — столоны, что повышает урожай клубней. У томатов при окучивании стимулируется образование придаточных корней, как следствие — улучшается питание растений. В засушливые годы окучивание не проводят, так как в сухой почве не образуются побеги и придаточные корни, а рыхление почвы сопровождается большими потерями воды на испарение.

При уходе за посевами озимых культур и многолетних трав, особенно на склонах, проводят щелевание для увеличения водопроницаемости почвы, предотвращения поверхностного стока и смыва почвы. На посевах многолетних трав щелевание проводят после последнего укоса, а озимых культур — поздней осенью. Щели прорезают на глубину до 40—50 см с расстоянием между ними 70—140 см.

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПРИ УЛУЧШЕНИИ ПРИРОДНЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

Природные кормовые угодья — сенокосы и пастбища дают низкую урожайность сена и пастбищного корма при нерациональном использовании и отсутствии ухода за ними. На малопродуктивных угодьях после улучшения можно повысить урожайность в 3—5 раз.

Например, в Алтайском крае около 5 млн га природных кормовых угодий, из которых более 800 тыс. га пойменных, около 1,5 млн га на засоленных почвах и около 3 млн га на суходолах и склонах, которые после улучшения повышают урожайность в 2—3 и более раз. Угодья на засоленных почвах и суходолах после обработки и мелиоративных мероприятий повысили урожайность в 5—7 раз. Контурное освоение поймы среднего уровня реки Оби в ОПХ им. В. В. Докучаева повысило урожайность сена с 0,5—0,6 до 4,0 т/га.

Приемы улучшения природных сенокосов и пастбищ объединяют в две системы:

1. Система поверхностного улучшения.
2. Система коренного улучшения.

В систему поверхностного улучшения входят приемы улучшения водного, воздушного и питательного режимов почвы для имеющегося природного травостоя, поддержание сенокосов и пастбищ в культурном состоянии без полного разрушения дернины. Поверхностное улучшение проводится в том случае, когда в природном травостое корневищные и рыхлокустовые виды трав составляют не менее 40 %. Если в травостое существенно преобладают плотнокустовые травы, то поверхностное улучшение нецелесообразно, в этом случае нужно проводить коренное улучшение с полным уничтожением природного травостоя и посевом культурных травосмесей.

К приемам поверхностного улучшения относятся:

- *культуртехнические работы* (уничтожение кустарника, кочек, уборка хвороста, мусора и т. д.);
- *улучшение водного режима*;
- *улучшение питательного режима*;
- *уход за дерниной и травостоем*.

В лесной и лесостепной зонах большие площади природных сенокосов и пастбищ заняты кустарниками, кочками различного образования (осоковые, кротовые, муравьиные и др.), которые сокращают полезную площадь кормовых угодий, снижают урожайность и затрудняют уборку. Такие кормовые угодья нужно приводить в культурное состояние: уничтожать кустарник, разрушать кочки, убирать мусор.

Уничтожение и удаление мелколесья и кустарников на сенокосах и пастбищах проводят механическим и химическим способами. При удалении древесно-кустарниковой растительности механическим способом применяют кусторезы, бульдозеры, корчевальные машины (рис. 31). Эти работы проводят чаще всего поздней осенью или зимой по мерзлой почве. Срезанные деревья и кустарники сгребают в кучи и сжигают. На торфяниках во избежание торфяных пожаров древесный мусор удаляют и используют на дрова или сжигают на подходящих с точки зрения пожароопасности участках.

Мелкий кустарник до 1—1,5 м высотой можно запахивать в почву кустарниково-болотными или плантажными плугами. Запаханный таким образом кустарник разлагается за 2—3 года.

Для уничтожения древесно-кустарниковой растительности, не имеющей почво- и водозащитного значения, применяют гербициды. Эффективными гербицидами по действию на деревья и кустарники являются производные 2,4Д дихлорфеноксиуксусной кислоты (соли, эфиры).

Особенно сильное действие оказывает бутиловый эфир 2,4Д. Доза препарата 2,5—3 кг/га с разбавлением в 100 л воды при применении наземных опрыскивателей. Гербицид быстро проникает в листья и поступает во все органы растений. Листья засыхают в течение недели, а стволы и корни за год. Засохшие деревья и кустарники уничтожаются механическими орудиями, собираются в кучи и сжигаются. Нельзя уничтожать весь кустарник в местах размывов на поймах рек, на склонах и на суходольных лугах в степной зоне.

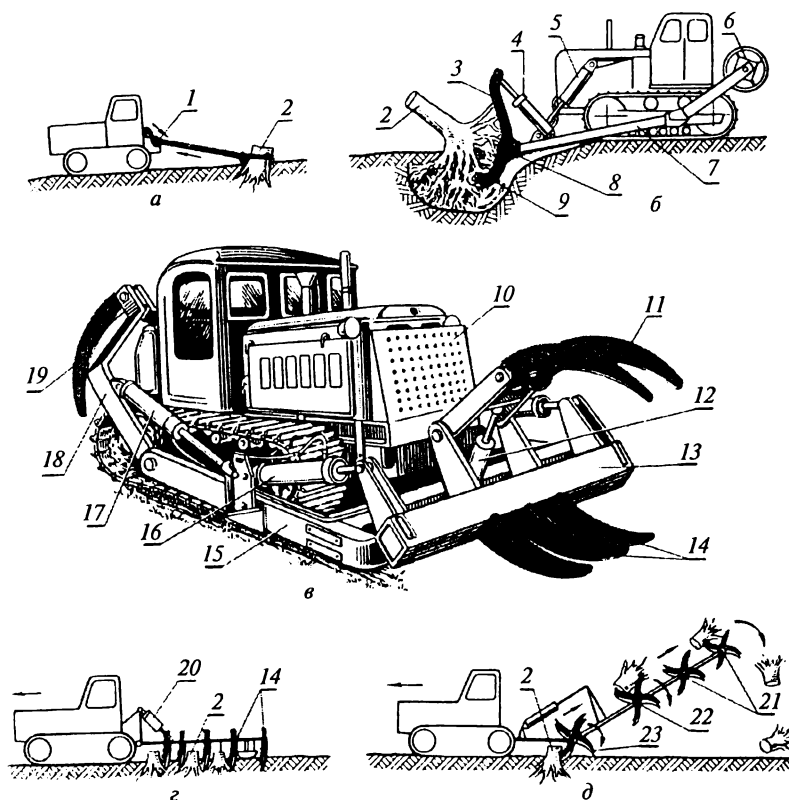


Рис. 31. Корчевальные машины и орудия: а — корчеватель с канатной тягой; б — рычажной корчеватель Д-695А; в — корчеватель-собиратель КСП-20; г — корчевальная борона К-1; д — ротационная корчевальная машина МТП-26; 1 — лебедка; 2 — пень; 3 — отвал; 4, 5, 12, 16, 17, 20 — гидроцилиндры; 6 — противовес; 7, 13, 18 — рамы; 8 — балка; 9, 14 — клыки; 10 — ограждение; 11 — зубья; 15 — стрела; 19 — нож; 21—23 — роторы

После уничтожения древесно-кустарниковой растительности кочки срезают и разравнивают тяжелыми дисковыми боронами, болотными фрезами.

Остающийся на поймах рек хворост, валежник, древесный мусор собирают в кучи, затем вывозят или сжигают.

После уничтожения древесно-кустарниковой растительности и кочек проводится выравнивание поверхности луга различными орудиями: фрезами, бульдозерами, скреперами и др. на тех местах, где образовались бугры или ямы.

Часто имеет место избыточное увлажнение лугов в поймах рек, в замкнутых понижениях на суходолах, в низинах с незаметным уклоном, в блюдцах. Застаивающаяся на лугах вода приводит к гибели ценных видов трав, не переносящих длительное затопление, снижению продуктивности и качества кормов. Застойную воду нужно отводить осушительными каналами.

В засушливых зонах для улучшения водного режима почвы необходимо дополнительное орошение, реализуемое при помощи строительства прудов, водохранилищ, лиманного орошения и др.

Для улучшения воздушного режима почвы, активизации жизнедеятельности микрофлоры на лугах с преобладанием ковылистых трав проводят однократную обработку дернины фрезой или двукратное дискование тяжелыми дисковыми боронами с предварительным внесением минеральных удобрений. Такой прием называют омоложением травостоя. После обработки проводят прикатывание и посев травосмесей.

В целях внедрения ресурсосберегающих технологий при улучшении сенокосов и пастбищ разработан новый метод посева трав без обработки всей дернины (В. П. Косьяненко, А. И. Столяров, 2001). Отечественная и зарубежная практика показали, что такой посев трав повышает производительность труда, сокращает сроки его проведения, экономит топливо и предотвращает возникновение водной и ветровой эрозии почвы. Такая технология включает разрушение дернины и рыхление почвы только в рядке посева, образование бороздки, посев семян в нее, заделывание семян и прикатывание почвы в бороздке. Особенностью этого способа посева является вырезание полосы дернины в рядке посева, оборачивание и перемещение этой полосы на необработанное междурядье, где она измельчается. В образовавшейся бороздке нарезается вертикальная щель, в которую высеваются семена. Следом движется каток и прикатывает почву. Для использования этой технологии изготовлен комбинированный агрегат для посева трав МППТ-4,0.

На низкопродуктивных лугах, вступивших в стадию вырождения, когда в травостое преобладают плотнокустовые виды и малоценное разнотравье, поверхностное улучшение нецелесообразно. На таких лугах необходимо проводить коренное улучшение с уничтожением природного травостоя, разрушением дернины и посевом ценных многолетних трав. Создание сеяных сенокосов и пастбищ путем залужения — более эффективный способ повышения продуктивности кормовых угодий.

При коренном улучшении тоже уничтожается древесно-кустарниковая растительность, разрушаются кочки, проводится глубокая отвальная обработка почвы для уничтожения природного травостоя и заделки органических и минеральных удобрений. После окультуривания, выравнивания и прикатывания поверхности почвы проводится залужение ценными травосмесями из многолетних трав. Состав травосмесей зависит от почвенно-климатических условий, от способа использования травостоя (сенокос, пастбище) и предполагаемых сроков его использования (краткосрочные — 2—3 года, среднесрочные — 4—6 лет и долгосрочные — более 6 лет).

Из многолетних трав при залужении высевают костер безостый, житняк, пырей бескорневищный, ломкоколосник ситниковый, овсяницу луговую, тимофеевку луговую, ежу сборную, люцерну, эспарцет, донник, клевер и др.

Глава 25

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПРИ ОРОШЕНИИ

Орошение создает благоприятные условия для обеспечения растений водой, усиливает биологическую активность почвы, активизирует процесс поглощения питательных веществ, тем самым повышая урожайность сельскохозяйственных культур. Но орошение сопровождается зачастую и отрицательным влиянием на почву. При орошении возможно вымывание почвенных коллоидов, растворимых солей кальция и магния в глубокие горизонты почвы, что ведет к разрушению структуры, уплотнению пахотного горизонта и образованию корки на поверхности почвы. Уменьшается общая и некапиллярная пористость, ухудшается аэрация.

При неправильной планировке орошаемых полей, нарушении режима орошения возможно вторичное засоление почв, возникновение водной эрозии, загрязнение водоемов удобрениями и ядохимикатами. Орошению сопутствует повышенная засоренность полей. Поэтому обработка почвы в условиях орошения имеет свои особенности.

Основными задачами обработки почвы в севооборотах при орошении являются следующие.

1. Создание пахотного слоя оптимального сложения за счет увеличения числа и глубины основных обработок в севообороте.
2. Тщательная планировка полей, подготовка к предполагаемому способу полива.
3. Периодическое разрушение почвенной корки.
4. Эффективные меры борьбы с сорными растениями.

Приемы основной обработки почвы в условиях орошения зависят от засоренности полей, режимов и способов орошения, биологических особенностей возделываемых культур. В зонах с продолжительным послеуборочным периодом, на полях, засоренных многолетними сорными растениями, проводят двукратное лущение: первое сразу после уборки зерновых культур на глубину 6—8 см, второе при отрастании сорняков на глубину

10—12 см. При преобладании однолетних сорных растений ограничиваются однократным лущением. Через две-три недели после лущения при массовых всходах сорных растений проводят вспашку плугами с предплужниками в агрегате с зубowymi тяжелыми боровами. Под вспашку вносят органические и минеральные удобрения. Для рыхления уплотненного пахотного слоя проводят вспашку на 30—32 см под корнеплоды и клубнеплоды, на 25—27 см под кукурузу, на 20—22 см под зерновые культуры. Если гумусовый горизонт меньше планируемой глубины вспашки, то с помощью почвоуглубителей и чизельных орудий проводят углубление пахотного слоя до 35—40 см. На тяжелых почвах и при высоких поливных нормах глубокую обработку почвы в севообороте повторяют через 2—3 года, на легких почвах и при невысоких нормах полива — один раз в 4—5 лет.

В задачу предпосевной обработки почвы в условиях орошения входит рыхление, выравнивание поверхности почвы и уничтожение сорных растений. Под культуры ранних сроков посева ранневесеннее боронование заменяют культивацией при наступлении физической спелости почвы. Поверхность почвы выравнивают комбинированными агрегатами ВПН-5,6, ВП-8А и др.

Под культуры поздних сроков посева проводят две культивации с боронованием: первую — на глубину 10—12 см, вторую — на глубину посева семян. Для лучшего выравнивания поверхности почвы культивации нужно проводить поперек или под углом к направлению вспашки.

При уходе за посевами для разрушения почвенной корки и уничтожения проростков семян сорных растений проводят до-всходовое и послевсходовое боронование легкими зубowymi или сетчатыми боровами.

Посевы многолетних трав после укосов перед поливами рыхлят поперек рядков культиваторами с долотообразными лапами с междурядьями 30 см и на глубину 10—12 см. На склонах проводят щелевание на глубину 35—40 см.

При уходе за пропашными культурами проводят рыхление почвы в междурядьях и уничтожение сорных растений.

Система земледелия — комплекс взаимосвязанных организационно-хозяйственных, агротехнических, мелиоративных мероприятий, направленных на рациональное использование, восстановление и повышение почвенного плодородия для получения максимально возможного количества продукции растениеводства с единицы площади сельскохозяйственных угодий. Система земледелия должна обеспечивать интенсивное, высокопродуктивное, экологически эффективное производство растениеводческой продукции высокого качества при рациональном использовании сельхозугодий и расширенном воспроизводстве почвенного плодородия. Системы земледелия должны обеспечивать надежную защиту почв от водной и ветровой эрозии, охрану окружающей среды от загрязнения ядохимикатами и минеральными удобрениями, борьбу с засухой, создание благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур и жизни человека.

Система земледелия считается рациональной, если она соответствует условиям места и времени, отвечает требованиям окружающей среды, обеспечивает максимальный чистый доход при расширенном воспроизводстве почвенного плодородия. Современные системы земледелия должны быть адаптированы к конкретным ландшафтам, отвечать требованиям экологической безопасности.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия должна обеспечивать устойчивое производство сельскохозяйственной продукции с учетом развития науки и техники, экономических и материальных ресурсов с сохранением устойчивости агроландшафта и расширенным воспроизводством почвенного плодородия. Адаптивно-ландшафтная система земледелия предусматривает трансформацию природного ландшафта под воздействием ан-

тропических факторов в соответствии с оценкой экологических условий в агроэкологические ландшафты.

Системы земледелия развивались и совершенствовались в процессе исторического развития общества, они отражали способ землепользования, характерный для конкретного исторического этапа социально-экономического развития (табл. 20).

Таблица 20. Схема исторического развития систем земледелия и их признаки

Системы земледелия	Способ использования земли	Способ воспроизводства плодородия почвы
1. Прimitивная — подсечно-огневая, лесопольная, залежная, переложная	Использовалась меньшая часть пахотно-пригодных земель. В посевах преобладали зерновые	Природные процессы без участия человека
2. Экстенсивная — многопольно-травяная	Под посевами половина и более пашни. В структуре посевов преобладают зерновые и многолетние травы. Значительная площадь занята чистыми парами	Природные процессы, направляемые человеком
3. Переходная — улучшенные зерновые, травопольная	Пахотно-пригодные земли находятся в обработке. В посевах преобладают зерновые, которые сочетаются с многолетними травами или пропашными и чистым паром	Возросшее воздействие человека с использованием природных факторов
4. Интенсивная — плодосменная, промышленно-заводская	Почти все пахотные земли заняты посевами. Посевная площадь часто превышает площадь пашни. Введены пропашные культуры	Активное воздействие с помощью средств, поставляемых промышленностью

Основоположниками науки о системе земледелия в России были ученые-агрономы А. Т. Болотов (1738—1833), И. М. Комов (1750—1792), практики сельского хозяйства начала XIX в. — Д. М. Полторацкий, И. И. Самарин и др. Большой вклад в развитие учения о системах земледелия внесли М. Г. Павлов (1793—1840), А. В. Советов, А. Н. Энгельгардт (1832—1893), И. А. Стебут (1833—1923), В. Р. Вильямс (1863—1930), Д. Н. Прянишников (1865—1948) и другие ученые.

Определяющими признаками всех систем земледелия являются способы использования, восстановления и повышения почвенного плодородия. Способ использования выражается в соотношении сельскохозяйственных угодий и структуре посевных площадей, а способ повышения эффективного и потенциального плодородия почв — в комплексе агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Низкому уровню развития производительных сил соответствовали примитивные системы земледелия, при которых природное плодородие почв использовалось без мероприятий по его повышению. На ранних этапах развития земледелия использовались только природные процессы восстановления плодородия (перелог, залежь и др.). В интенсивном земледелии основными способами повышения почвенного плодородия стали: применение органических и минеральных удобрений, мелиорации (орошение, осушение, агролесомелиорация, химические мелиорации), применение новой техники, химических и биологических средств защиты растений, внедрение травосеяния и использование сидератов.

Содержание системы земледелия определяется результатами сложного взаимодействия почвы, растений, климата, агропроизводственной деятельности человека на определенной территории и во времени. В каждой природной зоне складываются определенные условия: количество физиологически активной радиации, количество осадков и их распределение в течение года, типы почв и их потенциальное плодородие, видовой состав растений и др. Эти объективные условия, ограничивающие величину и качество продукции земледелия, являются первичными факторами. Технология производства продукции (структура посевных площадей, система севооборотов, обработка почвы, уровень интенсификации земледелия и др.), экономические и социальные условия являются вторичными, субъективными факторами.

Плодородие почвы и потенциальная продуктивность сельскохозяйственных культур в первую очередь лимитируют эффективность системы земледелия, потому что использование возрастающих количеств других факторов жизни растений невозможно без функции почвы. Величина урожая зависит от состава, свойств и режимов почвы, поэтому воспроизводство почвенного плодородия является основой эффективности всех систем земледелия.

Единство растений и почвы, удовлетворение потребностей растений почвенными факторами достигается при максимальной адаптации к конкретным условиям агроландшафта. Для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур необходимо использовать существующие или создавать искусственные благоприятные ландшафтные условия путем последовательной оптимизации лимитирующих факторов земледелия с учетом экологических ограничений.

Значительное развитие получили интенсивные системы земледелия: плодосменная, промышленно-заводская, улучшенная зерновая. В плодосменных севооборотах доля зерновых колосовых культур составляет 50 % пашни, остальную площадь занимают бобовые, пропашные технические и кормовые культуры. Чистые пары отсутствуют. При плодосменной системе вносятся повышенные нормы органических и минеральных удобрений, внедряется система защиты растений от вредителей и болезней сельскохозяйственных культур.

При внедрении пропашной системы земледелия увеличивают долю пропашных культур в севооборотах, применяют повторные посевы этих культур. Внедряются посевы промежуточных культур, чистые пары отсутствуют. Для пропашной системы характерны тщательная, более глубокая обработка почвы, внесение высоких норм органических и минеральных удобрений, водные и химические мелиорации, борьба с эрозией почв.

Плодосменная и пропашная системы земледелия являются наиболее интенсивными формами земледелия при благоприятных почвенно-климатических условиях и высоком уровне материально-технической обеспеченности хозяйств.

Разнообразие систем земледелия обусловлено различными зональными условиями. На территории России, по классификации С. А. Воробьева, В. И. Румянцева, В. П. Нарциссова, выделены следующие системы земледелия: зернопаровая, зернопропашная, зернопаропропашная, зернотравяная, плодосменная, пропашная (промышленно-заводская). Перечисленные системы земледелия не охватывают все природно-экономические условия и специализации растениеводства в сельском хозяйстве Российской Федерации. При возделывании различных сельскохозяйственных культур возникает необходимость освоения видов севооборотов, применяемых в разных системах земледелия. Название системы отражает главное направление развития земледелия в хозяйстве.

26.1. Составные части систем земледелия

Система земледелия состоит из следующих взаимосвязанных частей: организации территории землепользования хозяйства и севооборотов, системы обработки почвы, системы удобрений, системы защиты растений, системы семеноводства, мелиоративных мероприятий и контроля над экологической ситуацией.

Организация территории землепользования хозяйства и севооборотов должна учитывать особенности структуры доступных угодий (пашня, природные сенокосы и пастбища, лесные массивы), водные бассейны, хозяйственную инфраструктуру, а также эрозионную опасность. Она служит организационно-технической основой, объединяющей все составные части системы земледелия. Территория хозяйства может быть разграничена на участки различной формы (прямоугольные, контурные, контурно-полосные и др.) в зависимости от местных условий.

В зависимости от соотношения площадей пашни, природных кормовых угодий, производственного направления хозяйства планируется структура посевных площадей и система севооборотов. Каждому агроландшафту должен соответствовать свой севооборот, количество севооборотов в хозяйстве зависит от технологической целесообразности и экономической эффективности проведения работ.

Система обработки почв — важная составная часть системы земледелия, на которую приходится 35—40 % энергетических и 25—30 % трудовых затрат. Она должна быть дифференцирована в зависимости от природных факторов, биологических особенностей возделываемых культур, фитосанитарного состояния полей, уровня интенсификации земледелия и др. Система обработки почвы должна основываться на принципах, рассмотренных в разделе 22.1.

Система удобрения — комплекс организационных и агрономических мероприятий по использованию всех видов органических и минеральных удобрений для повышения величины и качества урожая культур и воспроизводства почвенного плодородия. Система удобрения предусматривает рациональное распределение удобрений по севооборотам, выбор оптимальных доз, сроков и способов их внесения в почву под различные культуры с учетом местных почвенно-климатических условий и экономического состояния хозяйства.

В системе удобрения предусматривают все ресурсы по производству местных удобрений, заготовке и правильному хранению, определение потребности в промышленных минеральных удобрениях и других мелиорантах, организацию их завоза и хранения.

При ограниченном обеспечении удобрениями они в первую очередь вносятся в тех звеньях севооборотов, где питание растений менее сбалансированно. Например, оптимизируются фосфорное питание зерновых культур, размещаемых по паровым полям, азотное — при внедрении минимизации обработки почвы или подкормке озимых культур ранней весной, практикуется локальное внесение удобрений в рядки или лунки при посеве или посадке культур.

При достаточном обеспечении удобрениями рассчитывают их нормы внесения на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур, устанавливают более рациональные сроки внесения и способы заделки удобрений в почву.

Система защиты растений от вредителей и болезней включает комплекс мероприятий по учету численности вредных организмов, их вредоносности, прогнозу появления; планирование объемов проводимых работ; определение потребности в средствах борьбы, технике, материальных и трудовых затратах; приобретение и хранение химических средств защиты растений.

Организационно-хозяйственные мероприятия по защите растений включают: освоение севооборотов, посевы семян районированных сортов высоких репродукций, устойчивых к вредителям и болезням, соблюдение оптимальных сроков и способов посева, высокое качество проведения агротехнических приемов.

Агротехнические мероприятия включают предпосевные, послепосевные и послеуборочные обработки почвы с целью уничтожения сорных растений, вредителей и источников болезней.

Химические меры защиты растений включают протравливание семян, опрыскивание почвы и посевов пестицидами, гербицидами, дезинфекцию зернофабрик и хранилищ зерна и кормов. При использовании химических средств защиты необходимо соблюдать сроки, дозы и способы их внесения, меры по охране окружающей среды и технику безопасности.

Биологические меры защиты растений включают применение природных энтомофагов (насекомоядных), их интродукцию и искусственное наращивание численности, использование эн-

томопатогенов, гормонов насекомых, репеллентов или аттрактантов и др.

Система семеноводства включает планирование производства семян, разработку технологии выращивания семенных посевов культур, сортовой и семенной контроль, апробацию семенных посевов, уборку и послеуборочную обработку, хранение и подготовку семян к посеву, сортосмену и сортообновление, создание страховых и переходящих фондов семян, материально-техническое обеспечение семеноводства.

За посевами высоких репродукций ведется сортовой контроль для установления соответствия посевов сорту, который значится в документах на высейнные семена, степень сортовой чистоты. Для этого проводится полевая апробация, при которой устанавливается сортовая чистота и типичность по засоренности посевов трудноотделимыми культурными и сорными растениями, наличию карантинных и ядовитых сорняков, степени поражения посевов болезнями и повреждения вредителями, определяется пригодность урожая на семенные цели.

Внутрихозяйственный контроль над посевными качествами семян проводят во время уборки, поступления на зернофабрики, послеуборочной обработки и хранения.

Для Государственного семенного контроля отбирают пробы семян в начале хранения и перед посевом и сдают в районные или городские инспекции семенного контроля для получения сертификата их качества.

В хозяйстве нужно периодически один раз в 4—5 лет осуществлять сортообновление, т. е. замену семян какого-либо сорта низких репродукций (III или IV) на высокие репродукции (элита, I репродукция). При выведении научными учреждениями и районировании новых сортов проводят сортосмену, т. е. замену старых сортов более продуктивными новыми.

Система семеноводства должна гарантировать обеспечение всех посевов хозяйства семенами высокого качества.

Мелиоративные мероприятия проводятся для коренного улучшения сельхозугодий и микроклимата. К таким мероприятиям относятся: орошение, осушение, внесение химических мелиорантов, агротехнические работы при поверхностном и коренном улучшении сенокосов и пастбищ, устройство накопительных водоемов, рекультивация почв, агролесомелиорация и др.

Система контроля над экологической ситуацией в хозяйстве включает наблюдение за состоянием почвенного покрова агроландшафтов, организацию почвозащитных севооборотов и противоэрозионной обработки почвы, разработку противоэрозионных комплексов, агролесомелиорацию, предотвращение негативных последствий ирригации.

Система земледелия становится высокоэффективной при четком взаимодействии всех составных частей, выполнении всего комплекса мероприятий во всех звеньях. Существующие системы земледелия должны совершенствоваться по мере развития науки и техники.

Для каждой природной зоны выработана соответствующая система земледелия, обеспечивающая максимально возможную продуктивность сельхозугодий и воспроизводство почвенного плодородия.

Часть 3

ОСНОВЫ АГРОХИМИИ

Глава 27

ЗАДАЧИ ПРЕДМЕТА АГРОНОМИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Агрономическая химия изучает взаимодействие между растениями, почвой и удобрениями в процессе питания сельскохозяйственных культур. Под взаимодействием следует понимать процессы воздействия объектов друг на друга, их взаимную обусловленность и порождение одним объектом другого.

Выдающийся русский агрохимик Д. Н. Прянишников основной задачей агрономической химии считал изучение круговорота веществ в земледелии и установление мер воздействия на биохимические процессы в почве и растении, которые повышают урожай, его качество и обеспечивают воспроизводство плодородия почвы. Основным средством воздействия на этот круговорот веществ являются удобрения. Агрономическая химия освещает следующие основные проблемы: химизм плодородия почвы, корневое питание растений, круговорот веществ в земледелии и рациональное применение удобрений.

Содержание предмета агрономической химии Д. Н. Прянишников изобразил в концептуальной модели, представляющей собой треугольник (рис. 32), по вершинам которого расположены основные объекты агрохимии: растение, почва, удобрения, которые соединены стрелками. Стрелки означают взаимодействие растения с почвой и удобрением; почвы — с растением и удобрением; удобрения — с почвой и растением.

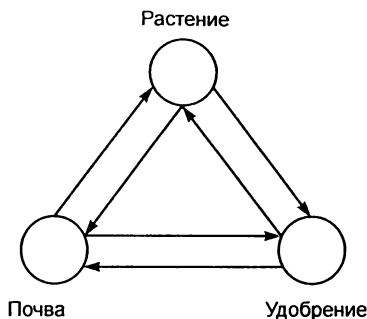


Рис. 32. Схема взаимодействия растения, почвы и удобрений

На этой схеме выражена диалектическая сущность процессов, изучаемых в агрохимии. Эта наука исследует процессы взаимного влияния трех систем, результатом которых является урожай растений. Задача агрохимии состоит в том, чтобы по возможности управлять этими процессами и выработать практические рекомендации с учетом конкретного растения, свойств почвы, определяющих ее плодородие, характера действия удобрений на почву и растения. Эта наука изучает принципиальные закономерности процессов взаимодействия трех систем, знание которых позволяет предвидеть их течение в конкретных условиях.

Наука агрохимия развивается на основе знаний химии, физики, физиологии растений, микробиологии, почвоведения, земледелия и других наук.

Большой вклад в развитие агрономической химии внесли русские ученые М. Г. Павлов, Д. И. Менделеев, К. А. Тимирязев, П. А. Костычев, А. Н. Энгельгардт, Д. Н. Прянишников, П. С. Коссович, К. К. Гердойц, А. В. Петербургский и др.

27.1. Значение удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции

Удобрениями называют вещества, содержащие необходимые для растений питательные элементы, повышающие биологическую активность в почве, усиливающие мобилизацию питательных веществ в ней и изменяющие ее свойства. С удобрениями в биологический круговорот вносятся дополнительные количества элементов питания растений.

Органические и минеральные удобрения оказывают большое влияние на химические, физические и биологические свойства почвы, на питание, рост и развитие растений, их устойчивость к неблагоприятным условиям и в итоге на урожай и его качество. Удобрения составляют основу химизации земледелия.

При выращивании сельскохозяйственных культур происходит отчуждение питательных веществ с урожаем, их потеря с поверхностным стоком, от эрозии почвы и инфильтрации за пределы почвенного профиля. В результате нарушается баланс питательных веществ, снижается плодородие почв и урожайность культур, ухудшается качество продукции. Дефицит биогенных элементов в почве восполняют с помощью удобрений.

Растения, как правило, образуют сухое вещество в процессе фотосинтеза за счет усвоения углекислого газа из воздуха, а воды и минеральных веществ из почвы. В составе сухого вещества растений содержится в среднем 45 % углерода, 42 % кислорода, 7 % водорода. На долю трех элементов, поступающих с водой и двуокисью углерода, приходится 90—94 % сухого вещества растений. Доля азота и зольных элементов, поглощаемых из почвы, составляет 6—10 % сухого вещества. Состав сухого вещества различных органов растений значительно отличается от средних значений (табл. 21).

Таблица 21. Содержание азота и золы в различных органах растений (% массы сухого вещества)

Растения и их органы	Азот	Зола
Пшеница:		
зерно	2—3	2—4
солома	0,5	3—5
молодые листья	4—6	8—12
Горох:		
зерно	4—5	3—5
солома	1—1,5	4—5
Картофель:		
клубни	1—2	3—5
листья	4—6	8—14
Сахарная свекла:		
корни	1,0	2—3
листья	2—3	6—12

Хотя доля азота и зольных элементов в сухом веществе невелика, при выращивании культур ощущается дефицит этих элементов, поглощаемых из почвы. Наиболее важными (так называемыми биофильными) питательными элементами являются азот, фосфор и калий.

По количеству усвоенных растениями элементов питания определяют их потребность в питательных веществах, необходимых для получения высоких урожаев. Определяют содержание элементов питания во всех органах растений и во всей массе урожая с единицы площади. Потребление элементов питания выражают в кг на 1 га или в кг на 1 т товарной продукции с соответствующим количеством побочной. При оптимальном содержании и соотношении элементов питания в почве и других факторов жизни растений получают максимально возможные урожаи культур высокого качества.

Все удобрения по химическому составу и происхождению делят на *минеральные* и *органические*. Минеральные удобрения в зависимости от количества содержащихся в них элементов питания растений делят на простые — с одним элементом и сложные, содержащие два и более элемента.

28.1. Значение азота в питании растений

Азот — необходимый элемент для растений, с его участием образуются простые и сложные белки, нуклеиновые кислоты (РНК, ДНК), имеющие определяющее значение в обмене веществ в организмах. Он входит в состав хлорофилла (хлорофилл «а» — $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$), фосфатидов, алкалоидов, витаминов, ферментов и других физиологически активных веществ.

Недостаток азота в почве резко ухудшает рост и развитие растений: формируются мелкие листья светло-зеленой окраски, которые постепенно желтеют; стебли вырастают тонкие; ухудшается формирование и развитие репродуктивных органов. При оптимальном азотном питании растения быстро растут, образуют мощные стебли и листья интенсивно-зеленой окраски, повышаются урожайность и содержание белка. Избыточное азотное питание задерживает созревание растений, гипертрофирует вегетативные органы, а урожай плодов и семян при этом снижается. При повышенной концентрации азота, особенно аммиачного, в почвенном растворе могут погибнуть всходы растений.

28.2. Виды азотных удобрений

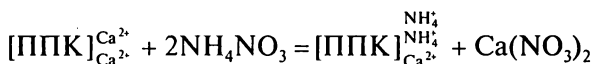
Промышленность поставляет следующие азотные удобрения:

1. Аммиачно-нитратные.
2. Аммиачные.
3. Нитратные.
4. Амидные.

К *аммиачно-нитратным* азотным удобрениям относятся аммиачная селитра, известково-аммиачная селитра. Особенностью этих азотных удобрений является содержание азота в аммиачной и нитратной формах.

Аммиачная селитра (нитрат аммония, азотнокислый аммоний — NH_4NO_3) содержит 34,6 % азота. Это белое кристаллическое вещество, очень гигроскопичное. Для уменьшения слеживаемости в него добавляют небольшое количество гипса, каолинита и др., которые придают удобрению желтый оттенок, затем удобрение гранулируют в шарообразную форму диаметром 1—3 мм, упаковывают в бумажные пятислойные мешки, пропитанные битум-автоловой смесью. Хранить аммиачную селитру необходимо в сухом помещении, чтобы удобрение не слеживалось в комки.

При внесении в почву удобрение быстро растворяется. Из раствора нитрата аммония катион NH_4^+ поглощается быстрее, чем анион NO_3^- , поэтому это удобрение относят к физиологически кислым. В почвенном растворе аммиачная селитра вступает в обменную реакцию с почвенным поглощающим комплексом:



При обменном поглощении аммоний адсорбируется коллоидами почвы, а анион NO_3^- образует растворимые соли с вытесненными катионами.

В кислых почвах внесение аммиачной селитры в повышенных дозах может вызвать подкисление почвенного раствора, а в случае локального внесения — создавать очаги с повышенной кислотностью:



Такое подкисление почвенного раствора временно, с поглощением нитратного азота оно нейтрализуется. Однако оно может угнетающе действовать на проростки и всходы растений.

Аммиачная селитра в повышенных дозах на малобуферных почвах с легким гранулометрическим составом повышает содержание нитратов в растениях. Поедание таких растений животными вызывает нарушение обмена веществ и отравления.

Микрофлора рубца жвачных животных восстанавливает нитраты до нитритов, которые, всасываясь в кровь, соединяются с гемоглобином, блокируя его способность снабжать организм кислородом. Повышенная концентрация метгемоглобина в крови приводит к удушью животных, при сильном отравлении приводит к смерти.

Азот внесенной в почву аммиачной селитры частично поглощается почвенной микрофлорой. После отмирания микроорганизмов часть этого азота поглощается растениями, другая часть в процессе гумификации микробного белка превращается в устойчивые к разложению гумусовые вещества. Превращение азота удобрения в органическую форму сильно возрастает при внесении в почву органических материалов (соломы, торфа, селомистого навоза и др.). Азот сложных органических соединений очень медленно минерализируется, и усвоение его растениями уменьшается. Часть нитратного азота удобрений подвергается восстановлению денитрифицирующими бактериями до газообразных продуктов (N_2 , NO и др.) и теряется из почвы в атмосферу. В исследованиях агрохимиков с применением изотопа азота ^{15}N было установлено, что из внесенного в почву азотного удобрения растения поглощают 50—60 % азота, 15—30 % превращается в органическую форму, 10—20 % теряется в газообразной форме.

При промывном водном режиме почвы нитратный азот удобрений может вымываться за пределы почвенного профиля, в грунтовые воды. Использование азота удобрений растениями в среднем составляет 70—80 % от внесенного количества.

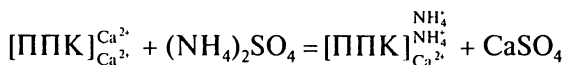
Для повышения эффективности аммиачной селитры на кислых почвах нужно смешивать ее с фосфоритной мукой, известью, доломитом, проводить известкование почв. На почвах с промывным водным режимом это удобрение лучше вносить под предпосевную обработку почвы, в рядки при посеве в дозе 10 кг/га, в лунки при посадке картофеля и овощных культур, в подкормки при уходе за посевами. Аммиачная селитра — эффективное удобрение для ранневесенней подкормки озимых культур. На почвах с непромывным водным режимом аммиачную селитру можно вносить с осени под основную обработку почвы.

К аммиачным удобрениям относятся сульфат аммония, хлористый аммоний, жидкий аммиак, аммиачная вода.

Сульфат аммония (сернокислый аммоний — $(NH_4)_2SO_4$ содержит 20—21 % азота в аммиачной форме, 23—24 % серы. По

внешнему виду это кристаллическая соль белого цвета. Органические примеси придают соли серую или красноватую окраску. Сульфат аммония хорошо растворяется в воде, малогигроскопичен и не слеживается при хранении в сухом помещении.

Серноокислый аммоний быстро растворяется в почвенной воде и мгновенно вступает в обменные реакции с катионами ППК (почвенно-поглощающего комплекса):



Поглощенный аммоний менее подвижен, не вымывается при фильтрации воды, но хорошо усваивается растениями.

В процессе биологического окисления азота серноокислого аммония (нитрификации) образуются азотная и серная кислоты, которые подкисляют почвенный раствор. Подкисление почвенного раствора дополняется и физиологической кислотностью этого удобрения, так как растения быстрее и больше поглощают катион NH_4^+ , чем анион SO_4^{2-} .

Подкисление происходит заметнее на кислых почвах, бедных органическим веществом, с малым количеством катионов кальция в ППК. На почвах с большим количеством органического вещества и кальция подкисление малозаметно. Только длительное применение сульфата аммония в больших дозах может вызвать сильное подкисление почвенного раствора. Эта кислотность нейтрализуется кальцием с образованием бикарбонатов на черноземах и каштановых почвах, богатых гумусом и обладающих большой буферностью.

Для повышения эффективности сульфата аммония его лучше вносить с осени под основную обработку почвы как основное удобрение. Перед внесением в почву его полезно смешивать с известняком, молотым мелом, фосфоритной мукой и др. Кислые почвы необходимо известковать, вносить высокие дозы органических удобрений.

Нецелесообразно вносить сульфат аммония локально, особенно в рядки при посеве. Локализация аммиачного азота в почве затрудняет его поглощение растениями в начале их роста.

Сульфат аммония целесообразно вносить под культуры, которые менее чувствительны к подкислению почвенного раствора: овес, озимая рожь, лен, картофель, брюква и др. Хорошие результаты от внесения аммиачных удобрений получают на орошаемых участках.

Хлористый аммоний — NH_4Cl — содержит 24—25 % азота и 66,6 % хлора. Удобрение хорошо растворяется в воде, малогигроскопично, не слеживается. Содержащийся в удобрении хлор оказывает отрицательное влияние на качество урожая картофеля, льна, табака, винограда, лука, капусты и др. Под эти культуры лучше вносить сульфат аммония.

Мероприятия по повышению эффективности хлористого аммония сходны с применением сульфата аммония. Но хлористый аммоний не следует вносить под чувствительные к хлору культуры. Вносить нужно с осени, чтобы ионы хлора частично вымылись в глубокие горизонты почвы до посева культур.

К *жидким азотным удобрениям* относятся жидкий аммиак, аммиачная вода. Безводный сжиженный под давлением аммиак (NH_3) содержит 82,3 % азота. По внешнему виду это бесцветная жидкость, обладает высокой упругостью паров (при $t = 10^\circ\text{C}$ давление равно 5,2 атм). Хранить и перевозить его необходимо в специальных цистернах, выдерживающих давление >20 атм. Применение жидкого аммиака ограничено, потому что нужно иметь специальное оборудование для его хранения и внесения.

Аммиачная вода — раствор аммиака в воде. Содержит 20,5 % азота (25%-ный аммиак) или 16,4 % азота (20%-ный аммиак). Азот находится в форме свободного аммиака (NH_3) и аммония (NH_4OH). Упругость паров невысокая (25%-ный раствор аммиака при 40°C имеет давление 0,15 атм). Аммиачная вода не вызывает коррозию черных металлов, ее можно хранить и перевозить в герметичных резервуарах из обычной стали с невысоким давлением — 0,4 атм.

Аммиачная вода вносится в почву специальными машинами, обеспечивающими немедленную заделку на глубину 10—12 см на тяжелых почвах и до 18 см на легких во избежание улетучивания аммиака. Под все культуры удобрение вносят с осени под основную обработку почвы. При внесении аммиачной воды в почву аммиак адсорбируется коллоидами. Постепенно азот аммиака нитрифицируется и мигрирует с почвенным раствором. Скорость и полнота поглощения аммиака почвой зависит от содержания гумуса, гранулометрического состава и влажности почвы, способа и глубины заделки в почву. На тяжелых, богатых органическим веществом и влажных почвах аммиак меньше испаряется, поглощается быстрее и полнее, чем на песчаных, бедных гумусом. По влиянию на урожай растений аммиачная вода приравнивается к твердым аммиачно-нитратным удобрениям.

К *нитратным удобрениям* относятся натриевая селитра, кальциевая селитра.

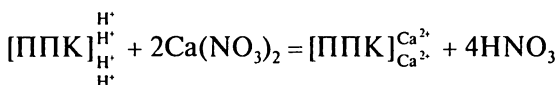
Натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий — NaNO_3) содержит 15—16 % азота и 26 % натрия. Это мелкокристаллическая соль белого или серого цвета, хорошо растворяется в воде, гигроскопична. При хранении в бумажных мешках со специальной пропиткой в сухих помещениях сохраняет рассыпчатость. Физиологически это щелочное удобрение.

Нитратный азот селитры не поглощается почвой и может вымываться при промывном водном режиме. Вносить удобрение нужно весной под предпосевную обработку почвы и в подкормки.

Натриевая селитра более эффективна при внесении под корнеплоды, что связано с положительным влиянием натрия на отток углеводов из листьев в корни, на повышение содержания сахаров.

Нецелесообразно использовать селитру на орошаемых участках и нельзя вносить на засоленных почвах.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) содержит 13—15 % азота. Удобрение хорошо растворяется в воде, сильно гигроскопично, при присоединении паров воды образует четырехводную соль $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, содержащую 14,86 % азота. Хранят кальциевую селитру во влагонепроницаемых мешках. Более эффективна на кислых почвах. При систематическом внесении происходит пополнение ППК кальцием, снижается кислотность почвы:



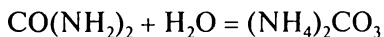
Вносить кальциевую селитру лучше под предпосевную обработку почвы и в подкормки озимых весной.

К *амидным удобрениям* относятся мочеви́на (карбамид) — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, цианамид кальция — CaCN_2 .

Карбамид — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ — кристаллический порошок белого цвета, содержит 46 % азота в амидной форме — это концентрированное удобрение. Хорошо растворяется в воде, гигроскопично, может слеживаться. Промышленность выпускает карбамид в гранулированном виде (гранулы — 1—3 мм). Гранулированный карбамид при хранении в сухом помещении не слеживается, хо-

рошо рассеивается при внесении в почву, это одно из лучших азотных удобрений.

Внесенный в почву карбамид хорошо растворяется и за 2—3 дня аммонифицируется аэробными уробактериями до углекислого аммония:



Углекислый аммоний гидролизуетсЯ с образованием бикарбоната аммония и водного раствора аммиака (NH_4OH). Образующийся аммоний поглощается ППК и постепенно усваивается растениями.

Карбамид применяют перед посевом под все сельскохозяйственные культуры, для подкормки озимых и пропашных культур.

Мочевину нецелесообразно вносить в рядки при посеве зерновых культур, так как возможно отрицательное действие свободного аммиака на прорастающие зерна. Из-за высокого содержания азота в карбамиде его нужно равномерно распределять при внесении и немедленно заделывать в почву во избежание потерь азота в форме аммиака.

Цианамид кальция — CaCN_2 , содержит 20—22 % азота. Заводской технический цианамид содержит примеси: CaO — 20—28 %, уголь — 9—12 %, кремневую кислоту, окиси железа, алюминия. Это порошок темно-серого или черного цвета, сильно пылит при рассеве, при попадании в глаза и дыхательные пути вызывает воспаление. В качестве удобрения почти не применяется: его используют для предуборочного удаления листьев у хлопчатника, подсолнечника на семена и других растений.

Растворы аммиачной селитры и карбамида в воде (КАС) не содержат свободного аммиака, поэтому при их поверхностном внесении отсутствуют потери азота. В состав карбамидо-аммиачной селитры можно добавлять микроэлементы в виде солей кобальта, бора, меди, молибдена и др. до 0,1 %, гербициды, ретарданты.

КАС — светло-желтая жидкость с плотностью 1,25—1,35 г/см³, с содержанием азота от 25 до 30 %. Хранят КАС в металлических или бетонных емкостях, перевозят в автоцистернах, вносят штанговыми опрыскивателями. Растворы КАС можно вносить с оросительной водой дождевальными установками.

28.3. Эффективность азотных удобрений

Азотные удобрения оказывают решающее влияние на повышение урожаев всех сельскохозяйственных культур на большинстве типов почв. Каждая тонна азота, внесенного с удобрениями, может обеспечить дополнительно 10—15 т зерна, 20—30 т многолетних трав, 30—40 т корней сахарной свеклы, 2 т льноволокна с улучшением качества урожая — повышением белка в зерне и кормах.

Эффективность азотных удобрений выше на бедных азотом почвах при достаточном увлажнении, особенно при орошении. На почвах с коэффициентом увлажнения <1 эффективность азотных удобрений снижается. Азотные удобрения повышают эффективность фосфорных и калийных удобрений при их совместном внесении.

29.1. Роль фосфора в питании растений

Окисленные соединения фосфора необходимы всем живым организмам. Фосфорная кислота входит в состав нуклеиновых кислот, содержание фосфора в которых доходит до 20 % (в расчете на P_2O_5). Фосфор содержится в других органических веществах растений — фитине, лецитине, сахарофосфатах. В фитине содержится 27,5 % P_2O_5 . Его больше накапливается в семенах, особенно у бобовых и масличных культур — до 2 % массы сухого вещества, в зернах злаков до 1 %. Лецитины и другие фосфатиды входят в состав фосфолипидных мембран, регулирующих проницаемость клеточных органелл в цитоплазме всех клеток растений. Сахарофосфаты участвуют в процессе дыхания растений, биосинтезе сложных углеводов, в процессе фотосинтеза.

Особая роль принадлежит макроэргическим соединениям, в состав которых входит фосфор (АТФ, АДФ и др.). При гидролизе этих соединений величина свободной энергии достигает 60 кДж на 1 моль. АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) является главным акцептором энергии, выделяющейся при разложении органических веществ в клетках, переносчиком и поставщиком энергии, необходимой для синтеза белков, жиров, крахмала, аминокислот и других веществ.

Фосфора в растениях в 2—3 раза меньше, чем азота. Содержится он в основном в плодах и семенах, его количество выражают в расчете на пятиокись P_2O_5 или пересчитывают на фосфор — P.

Фосфор оказывает большое влияние на рост и развитие растений. Оптимизация фосфорного питания повышает урожай

культур и его качество. У зерновых культур увеличивается доля зерна в массе всего урожая, в зерне накапливается больше крахмала, в корнеплодах повышается содержание сахаров. У пря-дильных культур формируется длинное тонкое и крепкое волокно. Фосфор ускоряет развитие культур, повышает зимостойкость озимых культур и многолетних трав, особенно бобовых, увеличивает прочность стеблей и устойчивость хлебных злаков к полеганию.

При недостатке фосфора замедляется синтез белка и сахаров, листья растений приобретают синеватый и бронзовый оттенок, вырастают мелкими и узкими, края их загибаютсяверху. Рост растений замедляется, задерживается созревание урожая. При избытке фосфора он накапливается в минеральной форме, особенно в вегетативных органах растений. В этом случае возможно преждевременное созревание и снижение величины урожая.

Фосфаты особенно интенсивно поглощаются растениями в начальные периоды роста. Оптимальное фосфорное питание растений в начальные фазы создает резерв фосфатов, который может распределяться между органами растений в последующие периоды роста. Поэтому снижение уровня питания фосфатами в последующие периоды не снижает урожай и его качество. Если же недостаток фосфатов бывает в начале роста растений, то улучшение питания фосфором в последующие фазы не исправляет это отрицательное влияние, происходит снижение урожая и его качества. Фосфорное голодание растений в начале их роста обуславливает слабое использование азота и зольных элементов, которое не улучшается даже при оптимальном последующем питании.

Ежегодно фосфор выносится из почвы с урожаями сельскохозяйственных культур, почва обедняется фосфатами, вследствие чего снижаются продуктивность и качество урожая. Вынос фосфора из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур выражают в килограммах пятиокиси P_2O_5 на 100 кг товарной продукции с соответствующим количеством побочной. Примерные цифры выноса фосфора с урожаями приведены в табл. 22.

При урожайности зерна яровой пшеницы 2 т/га вынос фосфора из почвы составит 24 кг/га. Для того чтобы урожайность последующих культур не только не снижалась, но и повышалась, необходимо в почву вносить фосфаты в виде удобрений. Поддержание фосфатного питания растений на оптимальном уровне

необходимо и для повышения качества продукции, устойчивости культур к вредителям и болезням.

Таблица 22. Содержание фосфора в урожае

Культура	Вид товарной продукции	Вынос P_2O_5 на 100 кг товарного урожая с соответствующим количеством нетоварной части, кг
Озимая рожь, овес, ячмень	Зерно	1,0
Яровая пшеница	Зерно	1,0—1,2
Кукуруза	Зерно	0,7—0,9
Горох	Зерно	1,5
Подсолнечник	Семена	2,6
Лен-долгунец	Волокно	До 2,6
Конопля	Волокно	До 6,2
Томаты	Плоды	До 0,11
Сахарная свекла	Корнеплоды	До 0,18
Картофель	Клубни	До 0,15
Клевер луговой	Сено	До 0,55

29.2. Виды фосфорных удобрений

Фосфорные удобрения делят на три группы кальциевых солей фосфорной кислоты по растворимости и доступности для растений:

1. Однозамещенные, растворимые в воде, легко доступные для растений.

2. Двухзамещенные, нерастворимые в воде, но растворимые в слабых кислотах и доступные для растений.

3. Трехзамещенные, нерастворимые в воде, плохо растворимые в слабых кислотах, недоступные для большинства сельскохозяйственных культур.

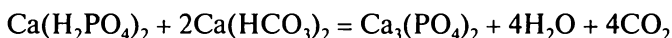
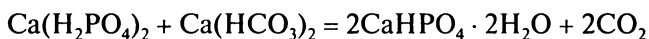
Наибольшее распространение получила первая группа фосфорных удобрений. Сырьем для производства фосфорных удобрений служат изверженный минерал — апатит — $Ca_5(PO_4)_3F$

и осадочные фосфориты. При переработке апатита и фосфоритов фосфаты переводятся в однозамещенные, доступные для растений.

Однозамещенные фосфаты

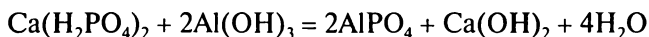
1. *Простой суперфосфат порошковидный* — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Из апатита получают простой суперфосфат — порошок светло-серого цвета с содержанием цитратно-растворимой пятиокиси фосфора P_2O_5 не менее 19 %. В простом суперфосфате присутствует свободная фосфорная кислота 5—5,5 %, которая обуславливает его повышенную кислотность и гигроскопичность. Для снижения кислотности в суперфосфат добавляют известь или фосфоритную муку. В массе удобрения содержится до 40 % сульфата кальция (CaSO_4).

При внесении в почву монофосфат превращается в двузамещенные и трехзамещенные фосфаты кальция:



Образование дву- и трехзамещенного фосфата кальция в нейтральных, насыщенных основаниями почвах обуславливает химическое поглощение фосфорной кислоты суперфосфата, ограничивает его перемещение в почве и вымывание в грунтовые воды. Свежеосажденные дву- и трехзамещенные фосфаты кальция растворяются в слабых кислотах почвенного раствора и поглощаются растениями.

В кислых почвах, содержащих полуторные окислы, образуются труднодоступные для растений фосфаты железа и алюминия:



Значительное количество аниона фосфорной кислоты (H_2PO_4^-) поглощается ППК в обменной форме не только в нейтральных, но и в кислых почвах. Это имеет большое значение для питания растений, так как обменно-поглощенные ионы фосфорной кислоты по доступности приравняются к водорастворимым фосфатам. Фосфатные анионы, адсорбированные твердой фазой почвы, хорошо вытесняются анионами бикарбоната (HCO_3^-), лимонной, муравьиной, щавелевой и других кислот. Растения при дыхании выделяют через корни углекислый

газ, который в почвенном растворе образует угольную кислоту, диссоциирующую на ионы H^+ и HCO_3^- . Последний обменивается с ППК на анион H_2PO_4^- . Органические и минеральные кислоты образуются в почве и при разложении органических веществ микроорганизмами, так что анионов десорбции фосфатов в почве достаточно, что обеспечивает хорошую доступность обменно-поглощенной фосфорной кислоты для растений. Однако обменно-адсорбированные фосфат-ионы, обмениваясь с почвенным раствором, постепенно превращаются в химически осажденные, снижается их растворимость и доступность для растений.

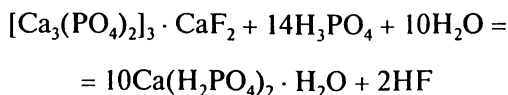
Для уменьшения химического поглощения фосфат-ионов из порошковидного суперфосфата нужно его вносить локально (в рядки при посеве, в лунки при посадке и т. д.). Уменьшение контакта суперфосфата с почвой достигается при его гранулировании.

2. *Гранулированный суперфосфат* производят из порошковидного путем формирования гранул диаметром от 1 до 4 мм. Его готовят из лучшего апатита, он содержит меньше влаги (1—4 %) и до 22 % усвояемой P_2O_5 . Свободной фосфорной кислоты в нем меньше (до 2,5 %). Меньше слеживается, легко рассеивается при внесении в почву, его можно смешивать с семенами только непосредственно перед посевом для внесения в рядки в небольших дозах (10—12 кг P_2O_5 на 1 га). По действию гранулированный суперфосфат намного эффективнее порошковидного. Наиболее рациональным является локальное внесение этого удобрения.

3. *Концентрированный (двойной) суперфосфат* содержит до 40 % P_2O_5 . Содержание в простом суперфосфате сульфата кальция (до 40 %) увеличивает расходы на упаковку, перевозку и внесение. Содержащийся в удобрении гипс полезен только на солонцеватых почвах и на бедных сульфатами дерново-подзолистых почвах для бобовых и капустных культур, потребляющих больше серы. На большинство других культур гипс не оказывает положительного влияния и поэтому является балластом в простом суперфосфате.

Для повышения процента действующего вещества в суперфосфате фосфориты сначала обрабатывают избыточным количеством серной кислоты. Серная кислота разлагает трехкальциевый фосфат с образованием фосфорной кислоты, сульфата кальция и фтористого водорода. Образующуюся фосфорную кислоту отфильтровывают от гипса и используют ее для обработки новой

порции высокопроцентного сырья, получая концентрированный суперфосфат с небольшим количеством примесей:



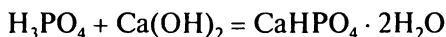
Такой суперфосфат называют двойным. Этот экстракционный способ получения фосфорной кислоты намного дороже, поэтому двойного суперфосфата выпускается мало. Действие двойного суперфосфата на урожай одинаково с простым, но при его использовании сокращаются расходы на перевозку и внесение. Его целесообразно применять для локального внесения, это лучшее фосфорное удобрение.

4. *Суперфос* — фосфорное удобрение, получаемое при неполном разложении фосфоритов фосфорной кислотой, содержит до 38 % P_2O_5 , из них 19 % — легкодоступных фосфатов. По эффективности он уступает двойному суперфосфату.

Двузамещенные фосфаты

1. *Преципитат* — двузамещенный фосфат кальция ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) — порошок белого или светло-серого цвета, содержит от 25 до 35 % P_2O_5 в зависимости от качества фосфатного сырья, малогигроскопичен, не слеживается, хорошо рассеивается при внесении, растворяется в лимоннокислом аммонии, доступен для растений.

Получают преципитат нейтрализацией фосфорной кислоты известковым молоком:



Вносят в почву как основное удобрение, заделывая на глубину вспашки. Растения начинают поглощать фосфор преципитата только при наличии хорошо развитой корневой системы. Молодые проростки и всходы не могут усваивать нерастворимый в воде двузамещенный фосфат кальция. Преципитат целесообразнее вносить в кислые почвы, в которых он может превосходить действие суперфосфата.

2. *Обесфторенный фосфат* — фосфорное удобрение, получаемое путем прокаливания фосфатного сырья при температуре 1400—1450 °С в присутствии водяных паров. При такой переработке из апатита и фосфоритов удаляется фтор. Из апатита полу-

чают обесфторенный фосфат, содержащий 30—32 % P_2O_5 ; из фосфоритов — 20—22 %. Эти фосфаты растворимы в 2%-ной лимонной кислоте. По эффективности при внесении в основное удобрение обесфторенный фосфат приравнивается к суперфосфату. Его можно использовать для минеральной подкормки.

3. *Томасшлак, мартеновский фосфатшлак* — отходы металлургической промышленности, получаемые при переработке железных руд, содержащих фосфор. При плавке руд для связывания фосфорного ангидрида добавляют известняк, получая тетракальциевый фосфат — $4CaO \cdot P_2O_5$ с содержанием 8—16 % P_2O_5 в зависимости от примесей: алюминия, железа, ванадия, магния, марганца, молибдена и др. Отделенный шлак размалывают и в виде порошка вносят в почву. Используют в качестве основного удобрения, добиваясь максимальной эффективности от его внесения на кислых почвах.

Трехзамещенные фосфаты

1. *Фосфоритная мука* — фосфорное удобрение для кислых почв, содержит фосфор в основном в форме $Ca_3(PO_4)_2$ и различные примеси. Пятиокиси (P_2O_5) содержит 19—25 %. Удобрение получают размолом фосфоритов до муки, тонина которой до 0,18 мм. Таких частиц в муке должно быть не менее 80 %. Это удобрение нерастворимо в воде и слабых кислотах, фосфориты начинают разлагаться в почве при потенциальной кислотности не ниже 2,5 мг · экв на 100 г почвы. Чем выше кислотность почвы, тем эффективнее фосфоритная мука. Действие этого удобрения зависит от общей величины поглотительной способности почвы и степени насыщенности основаниями. При низкой насыщенности почвы основаниями (ниже 70 %) и выраженной потенциальной кислотности действие фосфоритной муки эффективно.

В почве легче разлагается фосфоритная мука из аморфных фосфоритов. Чем меньше тонина помола, тем больше их удельная поверхность, тем лучше контакт с ППК, содержащим ионы водорода, с кислотами почвенного раствора, которые превращают фосфориты в растворимые формы. Внесение совместно с фосфоритной мукой физиологически кислых удобрений (NH_4Cl , $(NH)_2SO_4$ и др.) повышает ее эффективность. Некоторые культуры (люпин, гречиха, горчица) усваивают фосфор из фосфоритной муки на слабокислых и нейтральных почвах. Эффективность фосфоритной муки возрастает в компостах с кислым тор-

фом при соотношении торфа к муке 100 : 1. Фосфоритную муку используют для приготовления торфонавозных и навозофосфоритных компостов.

Для повышения эффективности фосфоритной муки ее нужно вносить в качестве основного удобрения с осени под вспашку на глубину не менее 14—16 см. Глубина заделки основного фосфорного удобрения имеет большое значение, потому что анионы фосфорной кислоты перемещаются в почве незначительно. При поверхностном внесении основного удобрения фосфаты будут находиться в сухом слое почвы и будут малоэффективны. Исключение составляет рядковое локальное внесение малых доз суперфосфата для усиления первоначального роста всходов растений.

Глава 30

КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

30.1. Роль калия в жизни растений

Калий в растениях содержится в основном в цитоплазме и вакуолях только в ионной форме. Он не входит в состав органических соединений клеток, но без его участия не происходит фотосинтез. Около 80 % калия находится в клеточном соке растений и легко вымывается водой, остальные 20 % удерживаются коллоидами цитоплазмы в обменно-поглощенном состоянии. Калий усиливает гидратацию коллоидов цитоплазмы клеток, что повышает водоудерживающую силу и засухоустойчивость растений.

Калий повышает осмотическое давление клеточного сока, что способствует повышению холодоустойчивости и зимостойкости растений. От его наличия зависит интенсивность синтеза белков и углеводов в растениях. При недостатке калия снижается продуктивность фотосинтеза, уменьшается отток органических веществ из листьев в другие органы растений. Калий увеличивает накопление крахмала в клубнях картофеля, сахарозы в сахарной свекле, моносахаридов в плодовых и овощных культурах. Под влиянием этого элемента усиливается синтез высокомолекулярных углеводов (целлюлозы, гемицеллюлозы, пектиновых веществ), утолщаются клеточные оболочки, в результате чего повышается устойчивость растений к полеганию, у прядильных культур улучшается качество волокна.

Калий катализирует деятельность ферментов, усиливает синтез некоторых витаминов (тиамина, рибофлавина), регулирует деятельность замыкающих клеток устьиц листьев растений. Содержание калия в клетках значительно больше, чем других катионов, его концентрация в клеточном соке в 100 и более раз превышает концентрацию в почвенном растворе. От содержания калия в клетках зависит интенсивность роста растений.

При недостатке калия тормозится деление и рост клеток, нарушается метаболизм (ослабление активности ферментов, нарушение углеводного и белкового обмена). При низком уровне калийного питания растения больше поражаются болезнями, снижается сохранность урожая, особенно корнеплодов.

При недостатке калийного питания старые листья начинают преждевременно желтеть по краям, приобретают бурую окраску с ржавыми пятнами. Постепенно листья по краям отмирают и крошатся. Из старых листьев калий перемещается в молодые, т. е. используется повторно, способен к реутилизации.

Потребность в калии у сельскохозяйственных культур различна. Корнеплоды, клубнеплоды, овощные культуры, подсолнечник на единицу сухого вещества урожая потребляют значительно больше калия по сравнению с зерновыми культурами. Соотношение $N : P_2O_5 : K_2O$ у этой группы культур — 3,5 : 1 : 4,5, а у зерновых — 2,0—3,0 : 1 : 2—3,5. Содержание калия в растениях, почвах и удобрениях выражают в пересчете на его оксид — K_2O . Средний вынос калия с урожаем сельскохозяйственных культур на 1 т товарной продукции с соответствующим количеством побочной составляет у зерновых культур 25—30 кг; картофеля — 7—10; сахарной свеклы — 6,7—7,5; овощных культур — 4—5; многолетних трав в сене — 20—24 кг.

У зерновых культур в зерне содержится 15 %, а в соломе 85 % от всего количества калия в урожае. В клубнях картофеля до 95 %, а в ботве до 5 % от общего выноса калия с урожаем. Чем больше калия содержится в товарной части урожая, тем больше его отчуждается из биологического круговорота в хозяйстве, почвы обедняются доступными формами калия.

Общие запасы калия в почвах значительно больше, чем азота и фосфора, но водорастворимых солей и обменного калия часто бывает недостаточно для питания растений, поэтому внесение калийных удобрений повышает урожайность культур и качество продукции.

30.2. Виды калийных удобрений

Сырьем для производства калийных удобрений являются природные калийные соли, залежи их в России сосредоточены в Пермской области — Верхнекамское месторождение, которое

образовалось в результате высыхания древнего Пермского моря, Заволжское месторождение. Единственными крупными центрами производства калийных удобрений в России являются Соликамск и Березники.

Калийные удобрения делят на хлоридные и сульфатные. Сырьем для производства хлоридных удобрений служит сильвинит — смесь сильвина (KCl) и галита (NaCl) с содержанием K_2O 12—15 %. Сульфатные удобрения получают из пород, содержащих минералы: каинит ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), шенит ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), лангбейнит ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$) и др.

Хлористый калий (хлорид калия, KCl) — мелкокристаллический порошок розового или серого цвета. Содержит 53—60 % K_2O , слеживается при хранении. Гранулированный KCl с размерами гранул от 1 до 3 мм меньше слеживается и хорошо рассеивается при внесении. Это хлоридное калийное удобрение составляет 80—90 % производства калийных удобрений в России.

Сернокислый калий (сульфат калия, K_2SO_4) — мелкокристаллический порошок белого цвета или с темноватым оттенком, содержит 46—50 % K_2O .

Калимагnezия ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$) — серовато-розовые гранулы неправильной формы с содержанием 29 % K_2O и 9 % MgO . Удобрение не слеживается, перевозится в бумажных мешках или насыпью.

Сернокислый калий и калимагnezия являются лучшими калийными удобрениями для чувствительных к хлору культур (картофель, лен).

Калийная соль 40%-ная ($\text{KCl} + \text{NaCl}$) — смесь хлористого калия с размолотым сильвинитом — кристаллический порошок серого цвета с включением розовых гранул, содержит 40 % K_2O . При хранении слеживается, перевозится насыпью без тары. Калийную соль 40%-ную целесообразно вносить как основное удобрение под большинство культур, за исключением картофеля. Более эффективна при внесении под корнеплоды, отзывчивые на натрий.

Калийные удобрения хорошо растворяются в почвенной влаге, быстро вступают во взаимодействие с ППК, поглощаются обменно и фиксируются необменно. Катионы калия при обменном поглощении вытесняют из ППК эквивалентное количество других катионов: кальция, магния, алюминия и др. В результате обменных реакций в почвенном растворе образуется соляная ки-

слота от хлоридных удобрений и серная — от сульфатных. Все калийные удобрения являются физиологически кислыми, так как из почвенного раствора больше поглощается катион калия, чем анионы Cl^- или SO_4^{2-} . Поэтому на кислых почвах эффективность калийных удобрений невысока.

Необменное поглощение калия сильно выражено у глинистых минералов монтмориллонитовой группы с трехслойной решеткой и группы гидрослюд, особенно у вермикулита. Чем больше в почве минералов монтмориллонитовой группы и гидрослюд, тем сильнее выражена в ней фиксация калия, достигающая больших величин. Фиксированные необменно катионы калия труднодоступны для растений. Гранулирование калийных удобрений значительно снижает необменное поглощение калия коллоидами.

Внесенный с удобрениями, калий быстро поглощается коллоидами почвы и очень незначительно мигрирует по почвенному профилю, не выщелачиваясь глубже 40—60 см, он остается в корнеобитаемой зоне. Поэтому калийные удобрения нужно заделывать на глубину пахотного слоя, где больше влаги и размещается основная масса корневой системы растений. При поверхностном внесении эффективность калийных удобрений снижается, так как верхний слой почвы часто высыхает, в нем больше выражена фиксация калия. Заблаговременное внесение хлоридных калийных удобрений с осени под основную обработку увеличивает вымывание хлора в глубокие горизонты почвы, что снижает отрицательное влияние на чувствительные к нему культуры. Многолетние опытные данные свидетельствуют о том, что 100 кг K_2O внесенных калийных удобрений обеспечивают следующие средние прибавки: зерна — 0,2—0,3 т/га; картофеля — 2—3; сахарной свеклы — 3—4; сена трав — 2—3 т/га.

Глава 31

МИКРОУДОБРЕНИЯ

31.1. Роль микроэлементов в питании растений

Микроэлементами называют химические элементы, необходимые для питания растений и содержащиеся в них в тысячных или сотысячных долях процента массы сухого вещества. К ним относят молибден, марганец, бор, медь, цинк, кобальт, йод, железо и др. Микроэлементы локализуются в молодых растущих органах растений, больше их в листьях, чем в стеблях и корнях. В листьях микроэлементы больше сосредоточены в хлоропластах.

Микроэлементы участвуют в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах, повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды. Под влиянием микроэлементов в листьях повышается содержание хлорофилла, улучшается фотосинтез и обмен веществ во всем растении. Некоторые из них входят в состав ферментов и витаминов. Микроэлементы оказывают большое влияние на поглощение растениями макроэлементов — азота, фосфора, калия и др.

Бор содержится в растениях в среднем 0,0002 %, что составляет примерно 2 мг на 1 кг сухого вещества. Бор сосредоточен больше в цветках растений, особенно в столбиках и рыльцах. Он усиливает рост пыльцевых трубок, прорастание пыльцы, увеличивает количество цветков и плодов. В вегетативных органах бора больше в клеточных оболочках. Бор улучшает углеводный и белковый обмены в растениях.

При недостатке бора нарушается синтез, превращение углеводов, оплодотворение и плодоношение. Внесение этого элемента в почвы с его недостатком повышает урожай культур на 10—15 % и его качество. Например, урожай соломки льна увеличивается на 0,2—0,3 т/га, сахарной свеклы — на 4,5 т/га, содержание сахара в корнях — на 0,3—2 %.

Марганец содержится в растениях в среднем 0,001 %, или 10 мг на 1 кг сухого вещества, основное его количество находится в листьях, в хлоропластах. Он обладает высоким окислительно-восстановительным потенциалом, участвует в реакциях биологического окисления, в фотосинтезе, увеличивает содержание сахаров, хлорофилла, усиливает интенсивность дыхания. Марганец повышает водоудерживающую способность тканей, влияет на плодоношение растений.

При остром недостатке марганца наблюдаются хлорозы, серая пятнистость злаков, возможно полное отсутствие плодоношения у растений. Внесение марганца в почвы с низким содержанием этого элемента повышает урожайность зерновых культур на 0,2—0,3 т/га, сахарной свеклы — на 1—1,5 т/га, сахаристость корней — на 0,2—0,6 %.

Медь содержится в растениях в среднем около 0,0002—0,0004 %, или 2—4 мг на 1 кг сухого вещества. Меди больше всего в семенах и в точках роста растений. В листьях медь содержится в основном в хлоропластах, входит в состав белков и ферментов.

Недостаток меди приводит к задержке роста, хлорозу, увяданию растений. При остром дефиците меди у злаковых культур происходит побеление кончиков листьев, не развивается колос. Внесение медных удобрений на почвах, бедных этим элементом — заболоченных и с легким гранулометрическим составом, обеспечивает прибавки зерновых культур 0,2—0,5 т/га.

Цинк содержится в растениях в среднем около 0,002—0,003 %, или 20—30 мг на 1 кг сухого вещества. Цинк влияет на утилизацию фосфора в растениях, при его недостатке замедляется превращение неорганических фосфатов в органические формы, снижается содержание фосфора в составе нуклеотидов, липидов и нуклеиновых кислот. Цинк входит в состав некоторых ферментов и участвует в процессе фотосинтеза растений.

При недостатке цинка в растениях уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается накопление органических кислот, нарушается синтез белка, накапливаются небелковые соединения азота: амиды, аминокислоты. Для всех растений характерна задержка роста при цинковом голодании.

Кобальт составляет в растениях в среднем 0,00002 %, или 0,2 мг на 1 кг сухого вещества. Больше кобальта содержится в клубеньках на корнях бобовых растений, в генеративных органах, он накапливается в пыльце и ускоряет ее прорастание. Ко-

балът входит в состав витамина В₁₂, участвует в синтезе ДНК и в делении клеток, в реакциях окисления-восстановления. Он оказывает положительное влияние на размножение клубеньковых бактерий и на азотофиксирующую систему.

Снижение содержания кобальта в кормах менее 0,07 мг на 1 кг сухого вещества приводит к заболеваниям животных.

Внесение кобальтсодержащих удобрений повышает урожай и его качество. Например, на дерново-подзолистых почвах кобальтовые удобрения повышают урожайность семян люпина на 0,12 т/га, зеленого корма — на 6,5 т/га.

Молибден. Содержание этого элемента в бобовых растениях колеблется от 0,7 до 20 мг, в злаковых растениях — от 0,2 до 1,0 мг на 1 кг сухого вещества. Молибден концентрируется в молодых растущих органах, больше в листьях, особенно в хлоропластах. Он входит в состав ферментов нитратредуктазы, нитрогеназы, участвует в азотном обмене растений, процессе биологической фиксации азота атмосферы клубеньковыми бактериями в симбиозе с бобовыми растениями.

Молибден участвует в биосинтезе нуклеиновых кислот, процессах фотосинтеза и дыхания, улучшает азотное питание бобовых культур, повышает эффективность фосфорных и калийных удобрений.

При резком дефиците молибдена замедляется рост растений, не развиваются клубеньки на корнях бобовых растений, листья становятся бледно-зелеными, листовые пластинки деформируются и преждевременно отмирают.

Применение молибдена на почвах с недостаточным его содержанием повышает урожай растений, усиливает синтез белков, снижает накопление нитратов в количествах, токсичных для животных и человека при внесении высоких доз азотных удобрений.

Внесение молибдена на серых лесных почвах и выщелоченных черноземах обеспечивает средние прибавки семян гороха — 0,26 т/га, сена клевера — 1,3 т/га.

31.2. Виды микроудобрений

Микроудобрениями называют вещества, содержащие химические элементы, необходимые для питания растений, в очень малых количествах, от тысячных до сотысячных долей процентов

от массы сухого вещества растений. В сельском хозяйстве применяются борные, марганцевые, медные, цинковые, кобальтовые и молибденовые микроудобрения.

Борсодержащие удобрения

1. *Борная кислота* (H_3BO_3) содержит 17 % бора. Ее применяют для некорневой подкормки растений при концентрации 1 г на 1 л воды. На 1 га расходуют 500—600 л раствора при подкормке семенных посевов многолетних трав, овощных и плодово-ягодных культур. Для предпосевной обработки семян применяют 100 г борной кислоты на 100 кг семян.

2. *Бура* — кристаллическая соль борной кислоты ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), содержит 11 % бора.

3. *Бормагнежевая соль* ($\text{H}_3\text{BO}_3 \cdot \text{MgSO}_4$) содержит 3—5 % бора и 70—75 % сульфата магния. Применяют под все культуры в дозе 20 кг на 1 га в смеси с другими удобрениями под основную обработку почвы.

4. *Боросуперфосфат гранулированный* содержит 0,2 % бора и 22—23 % P_2O_5 . Применяют в качестве основного удобрения 200—300 кг/га и в рядки при посеве до 50 кг/га.

5. *Борсодержащая нитроаммофоска* — комбинированное удобрение, содержащее 0,15 % бора. Применяют под основную обработку почвы под все культуры.

Марганцевые удобрения

1. *Сернокислый марганец* (MnSO_4), содержащий 21—24 % марганца в водорастворимой форме. Применяют для некорневой подкормки растений 0,05%-ным раствором MnSO_4 в дозе 400 л на 1 га посевов, для предпосевной обработки семян: 50—100 г сернокислого марганца смешивают с 300—400 г талька и опудривают 100 кг семян.

2. *Марганизированный суперфосфат* содержит 1—2 % марганца и 20 % P_2O_5 в водорастворимой форме. Вносят в качестве основного удобрения и в рядки при посеве.

Медные удобрения

1. *Медный купорос* ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) содержит 25 % меди в водорастворимой форме. Применяют для некорневой подкормки 0,05%-ным раствором соли (400 л на 1 га), для опудривания семян перед посевом, используя 50—100 г сернокислой меди на 100 кг семян.

2. *Пиритные огарки* — отходы сернокислой промышленно-сти, содержащие 0,3—0,6 % меди и различные примеси: железо, окись калия и др. Пиритные огарки вносят осенью под основ-ную обработку почвы в дозе 500—600 кг/га.

Цинковые удобрения

1. *Сернокислый цинк* (ZnSO_4) — бесцветное кристаллическое вещество, содержащее 22 % цинка. В почву вносят вместе с дру-гими удобрениями в дозе 5 кг/га. Для некорневой подкормки посевов применяют 0,05%-ный раствор сернокислого цинка (400 л раствора на 1 га).

2. *Полимикрорудобрения* ПМУ-7 — тонко измельченный поро-шок темно-серого цвета, содержащий 25 % цинка. Это отходы при производстве цинковых белил, кроме цинка они содержат примеси алюминия, меди, марганца и др. В почву вносятся в дозе 5 кг/га. При обработке семян расходуют 200 г ПМУ-7 на 100 кг семян.

Молибденовые удобрения

1. *Молибденовокислый аммоний* $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{27} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, содер-жащий 50 % молибдена. Применяют для предпосевной обработ-ки семян, 30—50 г растворяют в 1,5—2 л воды на 100 кг семян. Некорневую подкормку проводят 0,05%-ным раствором (400 л раствора на 1 га перед цветением культур). Для некорневой под-кормки природных кормовых угодий концентрацию раствора увеличивают в 2—3 раза.

2. *Молибденовый суперфосфат* содержит 0,2 % молибдена и 20 % P_2O_5 в водорастворимой форме. Применяется как основное удобрение и в рядки при посеве в дозе до 50 кг на 1 га.

Из *кобальтсодержащих удобрений* применяют *сернокислый ко-бальт* (сульфат кобальта) для некорневых подкормок при кон-центрации 0,05—0,1 % (400 л раствора на 1 га посевов). В почву вносят 200—400 г кобальта на 1 га.

Применение микроудобрений имеет большое значение в по-вышении урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции, но оно должно быть строго дифференцировано с учетом обеспеченности почв доступными формами микроэле-ментов, свойств почв, особенностей питания различных культур. Внесение микроэлементов должно быть весьма ограничено и до-пустимо только при их недостатке в почве и низком содержании в урожае возделываемых культур.

Необходимо учитывать возможное поступление микроэлементов в почву с органическими и минеральными удобрениями, пестицидами, от техногенного загрязнения промышленными предприятиями, с атмосферными осадками. При использовании отходов промышленного производства в качестве местных удобрений, осадков сточных вод, высоких доз жидкого навоза возрастает возможность накопления в почве некоторых микроэлементов в концентрациях, токсичных для растений, животных и человека.

Сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на повышение содержания микроэлементов в почве. Например, зерновые культуры страдают от избытка бора при содержании его в доступной форме более 0,7 мг на 1 кг почвы, а люцерна и свекла переносят концентрацию бора 25 мг на 1 кг почвы. Избыток бора в почве вызывает токсикоз у растений, пожелтение и отмирание листьев.

В результате ежегодного применения медьсодержащих пестицидов в садоводстве и овощеводстве установлено повышенное содержание меди в растениях, нарушение роста и окраски листьев.

Избыток молибдена тоже токсичен для растений. Содержание молибдена >0,8 мг на 1 кг сухого вещества сельскохозяйственной продукции оказывает отрицательное влияние на здоровье животных и человека.

Необходимость внесения микроудобрений в почву устанавливается по содержанию микроэлементов в почве и получаемой продукции. Группировка почв по обеспеченности растений микроэлементами приведена в табл. 14 (раздел 5.8).

Комплексными удобрениями называют вещества, содержащие два и более химических элементов, необходимых для растений: азот, фосфор, калий, микроэлементы. По способу получения комплексные удобрения подразделяются на сложные, комбинированные (сложно-смешанные) и смешанные.

Сложными называют удобрения, состав которых включает катион и анион, с высокой концентрацией двух и более элементов питания без примесей. Например, аммофос — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, диаммофос — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ и др.

Комбинированными или сложно-смешанными называют удобрения, содержащие два и более элементов питания, получаемые в едином технологическом процессе при химическом взаимодействии фосфорной и азотной кислот, расплавленного нитрата аммония, фосфоритов или апатита, калийных солей. В этом удобрении содержатся одно- и двузамещенные фосфаты кальция $[\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$, аммофос — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, аммиачная селитра — NH_4NO_3 и калийная селитра — KNO_3 . Такое удобрение называют фосфорной нитрофоской, в ней максимально содержание водорастворимой фосфорной кислоты. Нитрофоска марки А содержит азота 16—17 %, P_2O_5 — 16—17 %, K_2O — 13—14 %, марки Б — 13 : 16 : 13, марки В — 12 : 12 : 12 % соответственно. Удобрение гранулируют (размеры гранул 1—4 мм), припудривают тальком или размолотым известняком, чтобы оно не слеживалось при хранении.

Действие сложных и комбинированных удобрений эффективнее эквивалентных количеств элементов питания в простых удобрениях за счет более равномерного распределения гранул в почве и лучшей позиционной доступности элементов питания для растений.

К *смешанным* относятся удобрения, получаемые путем механического смешивания двух и более твердых простых удобрений.

Сложные удобрения

1. *Аммофос* ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) — однозамещенный фосфат аммония, содержит 11—12 % азота и 46—60 % P_2O_5 . Получают нейтрализацией аммиака фосфорной кислотой.

2. *Диаммофос* ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) — двузамещенный фосфат аммония, содержит 18 % азота и около 50 % P_2O_5 . Получают при насыщении фосфорной кислоты аммиаком. Это концентрированное удобрение, не содержит примесей. Недостатком аммофоса является очень широкое соотношение между азотом и фосфором (1 : 4), поэтому при внесении необходимо добавлять простые азотные удобрения.

3. *Калийная селитра* (KNO_3) содержит 13 % азота и до 45 % K_2O , не содержит примесей, обладает хорошими физическими свойствами. Это ценное азотно-калийное удобрение, особенно для культур, чувствительных к хлору. К недостатку относится широкое соотношение калия к азоту (3,5 : 1).

Смешанные удобрения

Смешанные удобрения получают при механическом смешивании простых удобрений без химических превращений компонентов. Производят порошковидные и гранулированные смешанные удобрения. Преимущество имеют гранулированные сухие смеси. Сухое смешивание — простой и экономичный метод получения комплексных удобрений.

Используемые при сухом смешивании удобрения должны сохранять сыпучесть, неслеживаемость и гранулометрический состав при хранении и транспортировке.

Не все удобрения можно смешивать. Например, нельзя смешивать заблаговременно аммиачную селитру с суперфосфатом из-за возможного выделения паров азотной кислоты или окислов азота, увеличения гигроскопичности и слеживаемости. Поскольку большинство смешанных удобрений ухудшают физические свойства при длительном хранении, то смешивание допустимо перед внесением удобрений в почву в нужном соотношении. Нельзя оставлять смешанные удобрения в ящиках сеялок, туковывсевающих аппаратах.

Глава 33

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

33.1. Значение органических удобрений

Органическими называют удобрения, содержащие большое количество органических веществ и все необходимые растениям химические элементы питания. Такие удобрения называют полными. Они оказывают многостороннее влияние на состав и свойства почвы, при рациональном использовании значительно повышают урожайность сельскохозяйственных культур и почвенное плодородие. С органическими удобрениями вносятся не только питательные вещества, но и большое количество микроорганизмов, что значительно повышает биологическую активность почвы.

К органическим удобрениям относятся навоз, навозная жижа, птичий помет, фекалии, торф, зеленые растения, различные хозяйственные отходы. Из органических удобрений большее распространение и значение имеет навоз. В одной тонне сухого вещества навоза в среднем содержится: азота — 20 кг, фосфора (P_2O_5) — 10 кг, калия (K_2O) — 24 кг, кальция (CaO) — 28 кг, магния (MgO) — 6 кг, серы (SO_3) — 4 кг, бора — 25 г, марганца — 230 г, меди — 20 г, цинка — 100 г, кобальта — 1,2 г, молибдена — 2 г, йода — 0,4 г.

Органические удобрения по содержанию элементов питания растений менее концентрированные по сравнению с минеральными. Содержание азота, фосфора и калия составляет в основном десятые доли одного процента (табл. 23).

Значительная часть питательных веществ органических удобрений становится доступной для растений только после их минерализации. В связи с этим одними органическими удобрениями в год их внесения трудно создать оптимальные условия для

Таблица 23. Содержание основных питательных веществ в органических удобрениях, %

Органические удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Полуперепревший навоз (при влажности 75 %)	0,5	0,25	0,6	0,7
Куриный помет (при влажности 56 %)	2,2	1,8	1,1	2,4
Торф верховой (при влажности 60 %)	0,35	0,03	0,03	0,04
Торф низинный (при влажности 60 %)	1,05	0,14	0,07	0,14
Фекалии	0,7	0,3	0,2	0,1

питания растений в начальный период их роста или при максимальном поглощении растениями питательных веществ.

Минеральные удобрения содержат питательные вещества в легкодоступной форме и являются быстродействующими. Поэтому совместное внесение органических и минеральных удобрений создает требуемое растениями соотношение питательных веществ, повышает эффективность применяемых удобрений.

При разложении в почве органических удобрений выделяется большое количество углекислого газа, в результате чего улучшается воздушное питание растений. Систематическое внесение органических удобрений в малогумусные, легкие по гранулометрическому составу почвы обогащает их гумусом, улучшает физические и физико-химические свойства, водный и воздушный режимы. Возрастают емкость поглощения и степень насыщенности почвы основаниями, повышается буферность. Органические удобрения уменьшают связность тяжелых глинистых почв.

33.2. Виды органических удобрений

1. Навоз — органическое удобрение, представляющее отходы животноводства, состоящие в основном из кала и мочи животных. Если животные содержатся на подстилке из соломы, торфа, опилок, то накапливается навоз с подстилкой, который называют подстилочным. В его составе в среднем 25 % сухого вещества и 75 % воды. В крупных животноводческих комплексах животные содержатся в стойлах без подстилки, навоз получается бесподстилочный. В зависимости от способов удаления навоза из

животноводческих помещений он бывает полужидким с влажностью до 90 %, жидким — с влажностью 90—93 % и навозные смеси (влажность более 93 %). Такой навоз содержит 5—11 % сухого вещества и 89—95 % воды.

Твердые и жидкие выделения животных отличаются по содержанию питательных веществ и доступности их для растений. Большая часть неусвоенного фосфора содержится в твердых выделениях, а больше половины азота и почти весь калий выделяются с мочой животных. Азот и фосфор твердых выделений входят в состав органических веществ и могут поглощаться растениями после разложения органики микроорганизмами.

Моча животных содержит мочевины, гиппуровую и мочевую кислоты. Быстрее разлагается мочевина, медленнее — гиппуровая кислота и еще медленнее — мочевая кислота. Калий находится в подвижной, легкодоступной для растений форме.

Количество твердых и жидких выделений у различных видов животных приведены в табл. 24.

Таблица 24. Количество и соотношение твердых и жидких выделений одного животного

Вид животных	Выделяется в течение суток		Соотношение между твердыми и жидкими выделениями
	твердых выделений, кг	жидких выделений, л	
Крупный рогатый скот: взрослый молодняк до 1,5 года телята до 6 мес.	20—30	10—15	2,0
	10—12	5—6	2,0
	3—5	1,5—2,0	2,3
Лошади	15—20	4—6	3,5
Свиньи	1,5—2,2	2,5—4,5	0,5
Овцы	1,5—2,5	0,6—1,0	2,5

Данные табл. 24 свидетельствуют о том, что у лошадей, овец и крупного рогатого скота (КРС) твердых выделений больше в 2—3,5 раза, чем жидких, у свиней жидких выделений в два раза больше, чем твердых.

В кале овец и лошадей больше сухого вещества, чем у КРС. Навоз лошадей быстрее разлагается при хранении, выделяет много тепла, поэтому его называют горячим, он используется в овощеводстве как биотопливо.

При добавлении подстилки к выделениям животных увеличивается выход навоза. На подстилку используют солому, торф, опилки и др. С ними в навоз вносятся дополнительные питательные вещества. Подстилка поглощает жидкие выделения животных и образующийся при разложении органики аммиачный азот, что значительно сокращает потери питательных веществ из навоза. Одна часть сухой соломы может впитать две-три части жидких выделений, одна часть верхового торфа при влажности 30 % — более десяти частей жидкости.

Подстилка улучшает физические и биологические свойства навоза, снижает его влажность. Подстилочный навоз легче и быстрее разлагается микроорганизмами, в нем увеличивается поглощение азота в состав плазмы микроорганизмов, снижаются потери питательных веществ.

Около 80 % навоза получают от крупного рогатого скота. По степени разложения подстилочный навоз различают свежий, полуперепревший, перепревший и перегной.

Свежим называют слаборазложившийся навоз, который сохраняет окраску подстилки, водная вытяжка из него красновато-желтого или зеленоватого цвета.

В *полуперепревшем* навозе соломенная подстилка приобретает темно-коричневую окраску. Водная вытяжка черного цвета. Масса уменьшается на 20—30 % по сравнению со свежим навозом.

Перепревший — сильноразложившийся навоз, представляющий черную мажущуюся смесь, в которой уже незаметны части подстилки. Водная вытяжка бесцветная. Масса его составляет около 50 % массы исходного свежего навоза.

Перегной — черная рассыпчатая масса, составляющая около 25 % от исходного свежего навоза.

Хранить подстилочный навоз необходимо в специальных навозохранилищах котлованного или наземного типа. Навозохранилище должно соответствовать следующим требованиям:

- расположено на незатопаемом месте, на расстоянии более 200 м от водоисточников и жилых помещений;
- дно должно быть водонепроницаемым, лучше бетонированным, прочным, выдерживающим применяемую для загрузки и выгрузки технику;
- по продольным сторонам навозохранилища должны быть жижесборники вместимостью 3—4 м³;
- дно навозохранилища должно иметь уклон в сторону жижесборников;

- вдоль сторон навозохранилища должны быть желоба или канавы для отвода воды от дождей и таяния снега;
- для загрузки и выгрузки навоза должны быть въезд и выезд с необходимым уклоном.

Для снижения потерь питательных веществ из подстилочного навоза во время хранения, увеличения выхода и повышения его качества необходимо выполнять следующие приемы:

- использование повышенных норм подстилки из соломы в виде резки длиной 10—15 см или торфа;
- плотный способ хранения;
- добавление к навозу фосфоритной муки;
- компостирование с торфом, соломой, дерном, с добавлением извести.

При плотном хранении подстилочного навоза разложение органических веществ происходит в анаэробных условиях. Потери органических веществ и азота при плотном хранении значительно меньше, чем при рыхлом. Перепревший навоз при плотном хранении получается через 8—10 месяцев.

Добавление фосфоритной муки в навоз улучшает питание микрофлоры, ускоряет процесс гумификации органических веществ, снижает потери аммиачного азота.

Вносить в почву подстилочный навоз нужно в полуперепревшем или перепревшем виде с осени под вспашку во влажный слой почвы. В зонах с коэффициентом увлажнения <1 лучше вносить перепревший навоз. На легких, бедных гумусом почвах необходимо вносить высокие дозы навоза — 60 и более тонн на 1 га. Для бездефицитного баланса гумуса в почвах необходимо ежегодно вносить 10 т/га на супесчаных и песчаных почвах. Не рекомендуется вносить в почву свежий навоз, чтобы не засорять поля сорняками. Внесение свежего навоза под морковь, лен приводит к снижению качества продукции.

При внесении навоза нужно его равномерно распределять по полю навозоразбрасывателями (рис. 33) и сразу же запахивать. Оставление навоза на поверхности почвы увеличивает потери органических веществ и азота в виде углекислого газа, воды и аммиака.

Бесподстилочный навоз

На крупных животноводческих фермах дойных коров содержат в стойлах на твердом полу без подстилки, поэтому большая

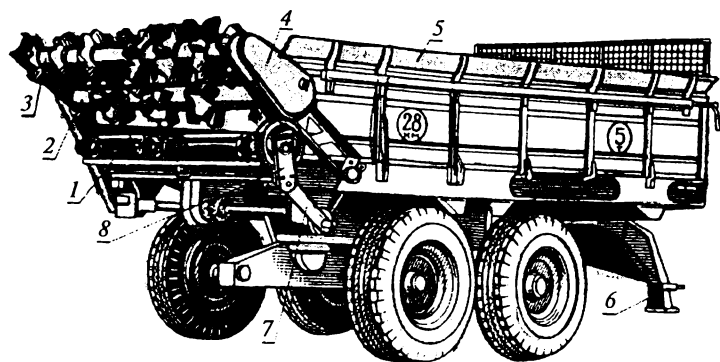


Рис. 33. Разбрасыватель органических удобрений РОУ-5: 1 — цепочно-планчатый транспортер; 2 — измельчающий барабан; 3 — разбрасывающий барабан; 4 — защитный кожух передачи; 5 — надставной борт кузова; 6 — опора; 7 — шатун; 8 — подвеска

часть выхода навоза приходится на бесподстилочный. На выгульных площадках накапливается подстилочный навоз.

Бесподстилочный навоз имеет высокую влажность (90—92 %), особенно при уборке по сплавным каналам и гидросмыве — более 92 %. Хранение и использование такого навоза является сложной проблемой.

Для хранения бесподстилочного навоза необходимы бетонированные хранилища с надежной гидроизоляцией. Грунтовые навозохранилища без гидроизоляции не отвечают экологическим требованиям, в них происходят большие потери питательных веществ от фильтрации, загрязнение грунтовых вод, близлежащих водоемов и скважин. Бесподстилочный навоз при хранении разделяется на три слоя: верхний — твердый плавающий, средний — жидкий и нижний — плотный осадок. Для качественного внесения такого навоза нужно создавать однородную смесь путем перемешивания специальными устройствами. Содержание основных элементов питания растений в бесподстилочном навозе приведено в табл. 25.

Для снижения потерь питательных веществ при хранении бесподстилочного навоза и с санитарной точки зрения его нужно компостировать с торфом, соломенной резкой и другими трудноразлагающимися органическими материалами (опилки, стружка).

Вносят бесподстилочный навоз на поля цистернами — разбрасывателями РЖТ-8, РЖТ-16 и сразу заделывают в почву плу-

Таблица 25. Химический состав бесподстилочного навоза, % массы сырого вещества

Наименование показателя	Навоз крупного рогатого скота
Вода	93,2
Сухое вещество	6,8
Органическое вещество	4,6
Азот общий	0,27
Фосфор	0,05
Калий	0,25
Кальций	0,22
Магний	0,05
pH	7,4

гом или тяжелыми дисковыми боронами. На пастбищах жидкий навоз по санитарным требованиям можно вносить не позднее чем за 30 дней до начала выпаса животных, лучше поздней осенью. При поверхностном улучшении лугов бесподстилочный навоз вносят перед обработкой тяжелой дисковой бороной или фрезой. По санитарно-гигиеническим нормам не разрешается применять бесподстилочный навоз под овощные культуры.

2. Торф — органическое удобрение, образовавшееся из отмерших, полуразложившихся растений в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха. Любой вид торфа состоит из неразложившихся растений, перегноя и минеральных веществ в различных соотношениях.

По условиям образования торф делят на три типа: верховой, низинный и переходный.

Верховой торф образуется в болотах на верховых (олиготрофных) болотах из листовенных мхов и малотребовательных к элементам питания и увлажнению растений (пушица, багульник и др.). Он беден питательными веществами, имеет небольшую зольность (до 5 %), кислую реакцию ($\text{pH} < 5$) и низкую степень гумификации (5—25 %).

Низинный торф образуется в низинных болотах под влиянием грунтовых вод из гипновых мхов, различных влаголюбивых травянистых растений (осоки, тростники, вейники, хвощи, рого-

зы, калужницы и др.) и древесно-кустарниковой растительности (ель, черемуха, ольха, рябина, ива и др.). Он содержит больше остатков травянистой растительности, зольность его более 10 %, степень разложения более 40 %, $pH > 5,5$.

Переходный торф характеризуется средними показателями между верховым и низинным типами торфа.

Вид торфа определяется по растениям-торфообразователям, преобладающим в малоразложившихся остатках сухого вещества: сфагновый, осоковый, древесно-осоковый, тростниковый и др.

В сельском хозяйстве торф имеет многостороннее использование. Из-за высокой влагоемкости и поглощательной способности торф применяется на подстилку животным. Самой высокой влагоемкостью обладает верховой торф (до 1800 % на абсолютно сухое вещество). Емкость поглощения торфа составляет 100—200 мг · экв на 100 г сухого вещества. Высокая влагоемкость торфа обуславливает поглощение жидких выделений животных, а кислотность и большая емкость поглощения — сохранение аммиачного азота.

Торф для подстилки должен иметь влажность не более 50 %. Для заготовки торфа на подстилку проводят рыхление поверхности торфяников фрезой или кустарниково-болотным плугом, подсушивают до нужной влажности последующими ворошениями. Подсушенный торф сдвигают в кучи и грузят на транспортные средства.

Торф используется для приготовления различных компостов. Для компостирования с известью, фосфоритной мукой, навозом рекомендуется среднеразложившийся торф с зольностью до 25 %. Для компостирования с навозной жижей, фекалиями, растительными остатками можно использовать все виды торфа.

Применять на удобрение без предварительного компостирования целесообразно только сильноразложившийся низинный торф. Он имеет высокую степень минерализации, в нем содержится больше азота и зольных элементов, меньше кислотность. Агрохимические свойства разных типов торфа приведены в табл. 26. При использовании низинного торфа на удобрение нужно совместно с ним вносить минеральные удобрения, потому что в нем мало доступных форм азота, фосфора и особенно калия. Для ускорения разложения органических веществ торфа целесообразно вносить совместно с ним немного навоза — до 10 т/га.

Таблица 26. Агрохимические свойства различных типов торфа

Тип торфа	рН вытяжки		Содержание, % абсолютно сухого вещества					
	водной	солевой	органи- ческого вещества	золы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Верховой	3,0—4,5	2,6—3,2	95—98	2—5	0,7—1,5	0,05—0,15	0,05—0,10	0,2—0,4
Переходный	4,0—6,0	3,6—4,4	90—95	5—10	1,2—2,5	0,10—0,25	0,10—0,15	0,4—2,0
Низинный	5,5—7,0	4,8—5,8	85—92	8—15	2,5—3,5	0,20—0,60	0,15—0,20	2,0—6,0

После осушения болот торфяники можно использовать на своем месте для выращивания сельскохозяйственных культур. Мощность торфяного слоя должна быть не менее 50 см. Кислые торфяные почвы с $\text{pH}_c < 5$ предварительно известкуют. В первые годы нужно вносить азотно-фосфорно-калийные минеральные удобрения. Целесообразно внесение небольших доз бесподстилочного навоза или навозной жижи для обогащения торфа микрофлорой и ускорения его разложения.

Торф используют на изготовление торфоперегнойных горшочков для выращивания рассады в овощеводстве. Подсушенный торф применяют для мульчирования почвы. Мульча слоем 5 см на поверхности почвы поддерживает лучшие условия температуры, обеспеченности водой, исключает образование почвенной корки, снижает засоренность.

3. *Птичий помет* — органическое удобрение, содержащее все питательные вещества, необходимые для растений. Это более концентрированное удобрение по сравнению с навозом и торфом. В нем содержится больше азота, фосфора и калия, чем в навозе (табл. 23). Питательные вещества помета легкодоступны для растений и быстро усваиваются.

При хранении птичьего помета в кучах он быстро самосогревается, что сопровождается потерями органического вещества и аммиачного азота. Для снижения потерь питательных веществ при хранении к помету надо добавлять порошковидный суперфосфат до 10 % по массе, сухой торф или перегной. Торф можно применять в качестве подстилки в птичнике. За год от одной курицы накапливается 6—7 кг помета, от утки — 7—9 кг, от гуся — 10—12 кг.

Вносят птичий помет в качестве основного удобрения из расчета 3—4 т/га под вспашку. Компостированного помета с

торфом до 10 т/га. Для жидкой подкормки птичий помет вносят из расчета до 1 т/га при разбавлении водой в соотношении 1 : 10.

4. *Зеленое удобрение* — свежие зеленые растения, заделываемые в почву для повышения содержания в ней органических веществ и азота. Этот способ удобрения почвы называют сидерацией, а растения, выращиваемые на удобрение, — сидеральными. При заделке в почву зеленых растений в нее возвращаются поглощенные зольные элементы, значительно повышается содержание органического вещества. Если сидеральными культурами являются бобовые растения, то почва обогащается азотом, который накапливается в них в результате хемосинтезирующей деятельности клубеньковых бактерий.

Зеленое удобрение оказывает многостороннее положительное влияние на свойства почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Улучшаются физико-химические свойства почвы, увеличивается водопроницаемость и влагоемкость, улучшается структура, активизируется жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Процесс разложения зеленого удобрения происходит быстрее, чем других органических удобрений.

На зеленое удобрение целесообразно выращивать бобовые растения: люпин, донник, сераделлу, вику, чину, горох, эспарцет и др. Можно выращивать смешанные посевы бобовых культур со злаковыми и небобовые культуры — рапс, горчицу и др. Чаще всего используют на зеленое удобрение люпин и донник. В зеленых растениях этих культур азота содержится столько же или больше, чем в навозе, а фосфора и калия меньше (табл. 27).

Таблица 27. Содержание основных питательных веществ в навозе и зеленом удобрении, % сырого вещества

Вид удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Навоз плотного хранения	0,50	0,24	0,55	0,70
Люпин на зеленое удобрение	0,45	0,10	0,17	0,47
Донник на зеленое удобрение	0,77	0,05	0,19	0,97

Коэффициент использования азота из зеленого удобрения последующими культурами значительно выше, чем азота навоза. Яровая пшеница после заделанного в почву донника повышает урожайность зерна на 0,3—0,5 т/га со значительным улучшением мукомольных и хлебопекарных показателей.

Способы использования сидеральных растений делят на три формы: полное использование, укосное и отавное. При полном использовании заделывают в почву всю массу растений (надземную часть и корни). При укосном способе выращенные растения на одном поле скашивают и вносят на другом поле. При отавном использовании сидеральные растения скашивают на зеленый корм или другие цели, а стерневые остатки, корни и отросшую отаву заделывают на зеленое удобрение.

Эффективность зеленого удобрения зависит от вида растений, урожайности, сроков и способов заделки в почву. Бобовые сидеральные культуры обогащают почву азотом. При разложении бобовых растений целлюлозоразлагающими микроорганизмами азот гумуса используется в меньшей степени.

Лучше заделывать в почву зеленое удобрение заблаговременно, с осени под основную обработку почвы. При размещении озимых культур по сидеральному пару необходимо заделывать зеленое удобрение не позднее чем за месяц до посева, чтобы почва достаточно осела и не происходило обнажение узлов кушения озимых.

Скорость разложения зеленого удобрения зависит от глубины заделки в почву. На легких малогумусных почвах зеленое удобрение нужно заделывать на глубину пахотного слоя, на тяжелых глинистых эффективнее заделка на глубину 10—12 см.

Для повышения эффективности зеленого удобрения целесообразно совместно вносить минеральные удобрения в небольших дозах. Если вносится зеленое удобрение не бобовых культур, то обязательно внесение азотных удобрений для оптимизации азотного питания растений и микроорганизмов, уменьшения расхода гумуса в почве.

Для усиления фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями нужно проводить обработку семян бобовых растений специфичными расами бактерий. Применение бактериального препарата — нитрагина с семенами бобовых в день посева с добавлением 25—50 г молибдена на гектарную норму высева семян значительно повышает вирулентность и активность клубеньковых бактерий, улучшает снабжение бобовых растений азотом.

Зеленое удобрение — очень важное средство восстановления почвенного плодородия, повышения урожаев сельскохозяйственных культур и качества продукции.

34.1. Задачи системы применения удобрений

Система применения удобрений в хозяйстве — комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических и агрохимических мероприятий для выполнения научно обоснованного плана применения удобрений, в котором предусмотрены виды, нормы, способы, сроки и глубина их заделки в почву под сельскохозяйственные культуры. Разработка системы применения удобрений, отвечающей природным и организационно-экономическим условиям хозяйства, — весьма сложная задача. Составлять такие планы применения удобрений должны агрономы-агрохимики, владеющие знаниями химии, физики, почвенной микробиологии, физиологии растений, почвоведения, земледелия, агрохимии, растениеводства, экономики и организации сельскохозяйственного производства и др. Иногда такие планы составляются научно-исследовательскими учреждениями.

Основными задачами системы применения удобрений являются следующие:

- увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, получение продукции высокого качества;
- восстановление, постепенное выравнивание и повышение плодородия почв на всех полях;
- эффективное использование всех видов удобрений с максимальным чистым доходом с 1 га;
- повышение уровня интенсификации земледелия с соблюдением требований охраны окружающей среды.

Для составления плана применения удобрений необходимы следующие основные документы:

- организационно-хозяйственный план, отражающий севообороты;

- почвенные карты и агрохимические картограммы;
- фактическая урожайность за последние пять лет;
- нормы применения органических и минеральных удобрений;
- Книга истории полей.

Для разработки системы применения удобрений кроме этих основных документов нужна подробная информация о типе водного режима почвы, рельефе, подверженности почв водной эрозии и дефляции, развитии животноводства и возможностях для накопления и использования всех видов местных удобрений, финансовых возможностях приобретения минеральных удобрений, технической оснащенности по внесению удобрений и наличию складов для их хранения.

34.2. Расчет норм удобрений под сельскохозяйственные культуры

Основой для расчета норм удобрений под сельскохозяйственные культуры служат их физиологические потребности в элементах питания. В поглощении элементов питания растениями выделяют критический и максимальный периоды. Под *критическим* понимают период, когда недостаток какого-либо элемента особенно отрицательно влияет на рост растений, и при этом последующая оптимизация питания этим элементом не исправляет полностью это влияние. Это особенно важно для питания растений азотом и фосфором. Критический период в питании азотом и фосфором для большинства сельскохозяйственных культур — 10—15 дней после всходов.

Резкий недостаток калия в первые фазы развития растений тоже снижает урожай, но улучшение питания калием в последующие фазы позволяет существенно исправить это отрицательное влияние и значительно повысить урожайность культур.

Недостаток в поглощении азота и фосфора часто проявляется ранней весной, когда пониженная температура почвы снижает активность микроорганизмов, минерализующих органическое вещество почвы.

Максимальный период в питании растений наступает в последующие фазы развития, когда среднесуточное потребление элементов питания достигает максимума. Этот максимум у расте-

ний чаще всего совпадает с периодом наибольшего прироста сухого вещества.

Периодичность в питании растений является теоретической основой для рационального внесения удобрений, сочетания основного удобрения, вносимого на глубину пахотного слоя, допосевного под предпосевную обработку почвы, с рядковым при посеве и подкормками.

Нормой удобрения называют количество питательных веществ, вносимых с удобрениями под сельскохозяйственную культуру за весь вегетационный период. Нормы удобрений зависят от выноса питательных веществ урожаями сельскохозяйственных культур. Разные культуры поглощают из почвы неодинаковое количество элементов питания в различном соотношении. Потребности культур в элементах питания выражают общим потреблением на формирование биологического урожая или только тем количеством, которое отчуждается с убранным с поля урожаем основной и побочной продукции.

Содержание элементов питания в растениях максимально в начале созревания. При полном созревании растений происходит некоторое уменьшение питательных веществ в результате опадения листьев и частичного оттока веществ из корневой системы обратно в почву.

Общее потребление элементов питания растениями на формирование биологического урожая называют *биологическим выносом*, а ту часть питательных веществ, которая убирается с поля с урожаем, — *хозяйственным выносом*.

Питательные вещества, остающиеся в почве в пожнивно-корневых остатках, опавших листьях, потерях зерна при уборке, при выделении корнями, относят к остаточной части выноса. В остаточной части содержится значительная доля питательных веществ, потребляемых растениями для формирования биологического урожая. Хозяйственный вынос составляет в среднем 65—75 % от биологического (табл. 28). Хозяйственный вынос составляет большую долю у тех культур, которые оставляют в почве меньше корневой системы и пожнивных остатков (кукуруза, корнеплоды, картофель, лен, зерновые). Больше корневых остатков оставляют в почве многолетние и однолетние травы.

Элементы питания в остаточной части урожая после минерализации органических веществ используются другими культурами.

Таблица 28. Примерный хозяйственный вынос азота, фосфора и калия, % от биологического выноса

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многолетние травы	48	48	52
Вика, горох с овсом на зеленый корм	61	68	66
Зерновые	75	79	64
Картофель	71	72	79
Кукуруза на силос	80	82	71
Томаты	66	72	86

Поэтому потребность растений в питательных веществах определяют по хозяйственному выносу в пересчете на единицу массы основной продукции с соответствующим количеством побочной (табл. 29). Хозяйственный вынос используют при расчете норм внесения удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур.

Таблица 29. Средний хозяйственный вынос и соотношение основных элементов питания на 1 т урожая культур, кг

Культура	Основная продукция	Вынос с основной продукцией с учетом побочной			Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Пшеница озимая	Зерно	35	12	26	3,0 : 1 : 2,2
Рожь озимая	Зерно	30	12	28	2,5 : 1 : 2,3
Пшеница яровая	Зерно	38	12	25	3,2 : 1 : 2,1
Ячмень	Зерно	27	11	24	2,5 : 1 : 2,2
Кукуруза	Зерно	34	12	37	2,8 : 1 : 3,0
Овес	Зерно	30	13	29	2,3 : 1 : 2,3
Просо	Зерно	33	10	34	3,3 : 1 : 3,4
Гречиха	Зерно	30	15	40	2,0 : 1 : 2,7
Горох	Зерно	30*	16	20	2,0 : 1 : 1,2
Вика	Зерно	30*	14	16	2,1 : 1 : 1,1
Подсолнечник	Семена	60	26	180	2,3 : 1 : 7,0
Лен-долгунец	Волокно	80	40	70	2,0 : 1 : 1,8

Окончание табл. 29

Культура	Основная продукция	Вынос с основной продукцией с учетом побочной			Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Конопля	Волокно	200	60	100	3,3 : 1 : 1,7
Картофель поздний	Клубни	6,0	2,0	9,0	3,0 : 1 : 4,5
Сахарная свекла	Корни	5,9	1,8	7,5	3,3 : 1 : 4,2
Кормовая свекла	Корни	4,9	1,5	6,7	3,3 : 1 : 4,5
Горох с овсом	Зеленый корм	3,0*	1,4	5,0	2,1 : 1 : 3,8
Кукуруза	Зеленый корм	2,5	1,2	4,5	2,1 : 1 : 3,8
Рожь озимая	Зеленый корм	3,0	1,2	4,5	2,5 : 1 : 3,8
Тимофеевка	Сено	16	7	24	2,3 : 1 : 3,4
Капуста белокочанная	Кочаны	3,4	1,3	4,4	2,6 : 1 : 3,4
Томаты	Плоды	3,2	1,1	4,0	2,9 : 1 : 3,6

* Азот без учета фиксации клубеньковыми бактериями.

Поглощение растениями питательных веществ на единицу товарной продукции с учетом побочной значительно колеблется в зависимости от почвенно-климатических условий, величины урожая, количества вносимых удобрений и т. д. Вынос питательных веществ увеличивается при внесении удобрений, неблагоприятных погодных условиях. Оптимальное сочетание всех факторов жизни растений способствует экономному расходованию питательных веществ на формирование урожая.

Например, орошение значительно уменьшает расход питательных веществ на единицу продукции, повышает эффективность вносимых удобрений.

Для расчета норм внесения удобрений под сельскохозяйственные культуры нужно знать содержание питательных веществ в почве и коэффициенты их использования растениями. Данные о содержании питательных веществ можно взять из агрохимических картограмм или определить по образцам почвы в агрохимической лаборатории. Элементы питания, определенные

в мг/100 г почвы, нужно пересчитать в кг/га в пахотном слое 0—20 см. Масса твердой фазы почвы в пахотном слое 0—20 см на площади 1 га в среднем составляет 3 тыс. т, значит, для определения содержания элементов питания в кг/га нужно их количество в мг/100 г почвы умножить на коэффициент 30. Например, обменного калия содержится 10 мг/100 г почвы, следовательно, в пахотном слое его будет $10 \times 30 = 300$ кг/га. В расчет берется только пахотный слой, потому что основная масса корневой системы сельскохозяйственных культур размещается именно там. Конечно, это определение условно, так как корневая система поглощает питательные вещества и из более глубоких горизонтов почвы.

Не все питательные вещества, содержащиеся в почве в доступной для растений форме, поглощаются сельскохозяйственными культурами за период вегетации. Коэффициенты использования доступных форм питательных веществ зависят от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, погодных условий, плодородия почвы, уровня агротехники и т. д. При оптимальном сочетании всех факторов жизни растений коэффициенты использования питательных веществ из почвы увеличиваются, например, орошение увеличивает их в 1,5—2 раза. Интенсивная обработка почвы на паровых полях ускоряет минерализацию гумуса, что повышает урожайность культур и коэффициенты использования питательных веществ.

Для общепринятых методов определения подвижных форм фосфора и калия в агрохимии установлены коэффициенты использования питательных веществ из почвы (табл. 30). В табл. 27 коэффициенты установлены на серых лесных почвах при среднем содержании подвижных P_2O_5 и K_2O , на черноземах и каштановых почвах при среднем содержании P_2O_5 и высоком — K_2O .

Коэффициент использования легкогидролизуемого азота растениями на серых лесных и каштановых почвах принимают за 20 %, а на черноземах — за 20—30 %.

Для расчета норм внесения удобрений под сельскохозяйственные культуры нужно учитывать коэффициенты использования питательных веществ из удобрений в год их внесения и последующие в последующие годы. Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений определяются разными методами в многофакторных опытах с удобрениями, но наиболее точное определение достигается изотопным методом.

Таблица 30. Средний коэффициент использования P_2O_5 и K_2O сельскохозяйственными культурами из разных почв, %

Культура	Почвы			
	серые лесные	черноземы некарбонатные	черноземы карбонатные	каштановые
	метод Кирсанова	метод Чирикова	метод Мачигина	
P ₂ O ₅				
Зерновые культуры, однолетние и многолетние травы	8	10	15	15
Кукуруза на силос	8	10	15	15
Картофель	10	10	—	—
Сахарная свекла	10	10	—	—
Подсолнечник	—	15	30	30
K ₂ O				
Зерновые культуры, однолетние и многолетние травы	12	12	5	5
Кукуруза на силос	25	20	7	7
Картофель	25	25	—	—
Сахарная свекла	40	30		
Подсолнечник	—	40	20	15

Хотя коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений более постоянны по сравнению с использованием из почвы, но и они могут меняться в зависимости от свойств почвы, погодных условий, биологических особенностей культур, форм применяемых удобрений, сроков, способов и глубины их внесения в почву. Коэффициенты использования удобрений снижаются при внесении высоких доз, при повышенной кислотности почвы. Разбросной способ внесения легкорастворимых удобрений снижает их эффективность по сравнению с локальным и т. д.

Установлены средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений в год их внесения и при последствии за ротацию севооборота (табл. 31).

Таблица 31. Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, %

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
При средних нормах удобрений						
1-й год	20—25	25—30	50—60	60—70	15—20	50—60
2-й год	20	10—15	10—15	—	10—15	15—20
3-й год	10	5	—	—	5	—
В целом за ротацию севооборота	50—55	40—50	60—75	60—70	30—40	65—80

Из данных табл. 31 видно, что питательные вещества из вносимых удобрений используются растениями не полностью. Часть из них превращается в труднодоступные и недоступные формы, часть теряется с поверхностным стоком, вымывается в грунтовые воды, т. е. мигрирует из биологического круговорота веществ в большой геологический круговорот. Потери из азотных удобрений возможны при испарении аммиака, денитрификации и др.

При разработке системы применения удобрений учитывают влияние пожнивных и корневых остатков многолетних бобовых трав и зернобобовых культур, которые при благоприятных условиях выращивания оставляют в почве значительное количество азота, усвоенного из атмосферы в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Считается, что после уборки каждой тонны сена многолетних бобовых трав в пожнивных и корневых остатках остается 10—15 кг азота, которые после минерализации усваиваются последующими культурами.

Расчет норм удобрений под сельскохозяйственные культуры имеет большое значение для их эффективного использования, повышения урожайности культур и восстановления плодородия почвы. Различают оптимальные, рациональные и предельные нормы применения удобрений.

Оптимальной считается норма удобрений, которая обеспечивает получение сравнительно высокого урожая хорошего качества с максимальным чистым доходом с 1 га с сохранением почвенного плодородия за одну ротацию севооборота. Известно, что

при высоких нормах внесения удобрений себестоимость 1 кг питательных веществ повышается. Поэтому выгоднее применять средние нормы имеющихся в хозяйстве удобрений на большей площади и получать больше валовой продукции на всей площади севооборота.

Рациональной считается норма удобрений, которая обеспечивает больший урожай с 1 га севооборотной площади по сравнению с оптимальной нормой, значительно повышает плодородие почвы, но чистый доход с 1 га снижается.

Предельной считается норма удобрений, которая обеспечивает максимально возможный урожай удовлетворительного качества в конкретных почвенно-климатических условиях при условии самоокупаемости применения удобрений без получения чистого дохода. Такая норма обеспечивает максимальный выход продукции с 1 га севооборотной площади и расширенное воспроизводство почвенного плодородия, но без экономического эффекта.

Применение нормы удобрений выше предельной приведет к убыткам в земледелии, снижению качества продукции, отрицательному влиянию на здоровье животных и человека, загрязнению окружающей среды.

При расчете норм удобрений применяют следующие методы:

1. Использование результатов полевых опытов и агрохимических картограмм.

2. Расчетный или расчетно-балансовый.

3. Комплексный.

Для расчета норм по первому методу необходимо проведение многочисленных многофакторных полевых опытов с исследованием норм внесения различных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры в определенной зоне и с использованием агрохимических картограмм. Такой метод используется нечасто из-за недостатка необходимой информации.

Расчетный метод определения норм внесения удобрений включает несколько модификаций: элементарного баланса на планируемую урожайность культуры, на планируемую прибавку урожайности какой-либо культуры, метод с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот (метод нормативного баланса) и др.

При расчете норм удобрений методом элементарного баланса на планируемую урожайность культуры используют вынос питательных веществ на единицу товарной продукции с учетом побочной, коэффициенты использования питательных веществ

культурой из почвы и пожнивно-корневых остатков от предшественника. Если под предшествующую культуру были внесены удобрения, то учитываются коэффициенты использования при их последствии. Недостающая часть питательных веществ для получения запланированного урожая компенсируется внесением удобрений.

Например, нужно рассчитать оптимальную норму удобрений под яровую пшеницу по методу элементарного баланса на планируемую урожайность 2,5 т/га. Почва — чернозем выщелоченный бескарбонатный, среднемощный, среднесуглинистый в лесостепной зоне. Предшественник — кукуруза на силос.

Хозяйственный вынос питательных веществ на единицу урожая яровой пшеницы приведен в табл. 29.

При урожайности зерна 2,5 т/га с соответствующим количеством соломы хозяйственный вынос составит: азота — 95 кг, P_2O_5 — 30 кг, K_2O — 62,5 кг с 1 га.

По данным агрохимических анализов после уборки кукурузы в пахотном слое 0—20 см содержалось подвижных форм фосфора по методу Ф.В. Чирикова — 4 мг, обменного калия — 8 мг/100 г почвы. В пересчете на пахотный слой в кг/га в почве содержится легкодоступных для растений: P_2O_5 — 120 кг, K_2O — 240 кг. Яровая пшеница усваивает из некарбонатных черноземов в среднем 10 % P_2O_5 и 12 % K_2O (см. табл. 27). Следовательно, яровая пшеница сможет усвоить из почвы 12 кг P_2O_5 и 28,8 кг K_2O .

Содержание доступного азота в почвах значительно меняется в течение периода вегетации растений, поэтому картограммы не составляются. Вынос азота из почвы можно определить по выносу элемента, находящегося в почве в минимуме после азота. В первом минимуме после азота в черноземе выщелоченном находится фосфор. А фосфора яровая пшеница может усвоить из почвы в данном примере 12 кг, этого количества хватит на формирование урожая зерна 1,0 т/га. Сравнивая с выносом фосфора, на формирование 1,0 т/га зерна яровой пшеницей из почвы может быть усвоено 38 кг азота (см. табл. 29).

Недостающее количество питательных веществ, без учета действия пожнивно-корневых остатков кукурузы, на формирование урожая яровой пшеницы 2,5 т/га нужно внести с минеральными удобрениями следующее количество азота, фосфора и калия (табл. 32).

Расчетные нормы минеральных удобрений по действующему веществу (д.в.) можно пересчитать в физических единицах

Таблица 32. Расчет норм минеральных удобрений под яровую пшеницу

Показатели	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос питательных веществ с урожаем 2,5 т/га, кг	95	30	63
Последствие ранее внесенных удобрений	—	—	—
Последствие по азоту пожнивно-корневых остатков	—	—	—
Используется питательных веществ из почвы, кг	38	12	29
Требуется внести питательных веществ с минеральными удобрениями, кг	57	18	34
Кoeffициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений в первый год, %	60	20	60
Следует внести с минеральными удобрениями с учетом коэффицентов использования, кг/га	95	90	57

массы удобрений. Например, в карбамиде (мочевине) содержание азота (д.в.) — 46 %, значит, карбамид надо внести из расчета $\frac{95 \cdot 100}{46} \approx 206$ кг/га.

Подобным образом рассчитывают нормы удобрений на планируемую прибавку к урожаю, получаемому в конкретных почвенно-климатических условиях без внесения удобрений.

Определение норм удобрений с использованием нормативов баланса питательных веществ за севооборот (*метод нормативного баланса*) сложнее. В приходную часть баланса входит поступление питательных веществ в почву с удобрениями, высеваемыми семенами, из атмосферы, азот клубеньковых бактерий на бобовых культурах и свободноживущих бактерий-азотфиксаторов.

В расходную часть включают вынос питательных веществ с отчуждаемым с поля урожаем, потери из почвы и удобрений с поверхностным стоком, при вымывании в грунтовые воды, газообразные потери азота.

Комплексный метод расчета норм удобрений основан на сочетании первых двух методов. По этому методу в расчетах используются результаты полевых опытов с удобрениями, интерполирование и экстраполирование данных полевых опытов, производственный опыт передовых хозяйств и др. При недостатке такой информации дополнительно используется расчетно-балансовый метод.

34.3. Приемы, сроки, способы и глубина внесения удобрений в почву

Реализация плана применения расчетных норм удобрений на практике, на полях хозяйства также является очень сложной задачей. На этом этапе необходимо наряду с организационно-хозяйственными мероприятиями учитывать влияние комплекса различных факторов на эффективность применяемых удобрений: почвенно-климатические условия, уровень интенсификации земледелия, размещение сельскохозяйственных культур в севооборотах, система обработки почвы в севооборотах, совместное внесение органических и минеральных удобрений и др.

На эффективность удобрений большое влияние оказывают приемы, сроки, способы и глубина их внесения в почву.

Различают три приема внесения удобрений: основное удобрение (допосевное), рядковое, в лунки (припосевное) и подкормки (послепосевное).

Сроки внесения: осенью, весной, летом.

Способы внесения удобрений: разбросной, локальный (в рядки, гнезда, лунки), локально-ленточный.

Дозой удобрения называют количество питательных веществ, вносимых под сельскохозяйственную культуру за один прием. Выражают ее в кг действующего вещества на 1 га. Доза обычно составляет часть нормы удобрения. Иногда всю расчетную норму удобрения вносят в один прием, в этом случае доза равна норме.

Основное удобрение нужно вносить на глубину пахотного слоя, в зону наибольшего размещения корневой системы растений, чтобы они были доступны в течение всего вегетационного периода.

Основное удобрение предназначается для питания культуры в течение всего вегетационного периода, особенно в период интенсивного роста, который сопровождается максимальным поглощением питательных веществ. Поэтому в основное удобрение вносят большую часть (дозу) расчетной нормы. Сроки внесения основного удобрения зависят от почвенно-климатических условий, вида удобрений, системы обработки почвы и др.

В условиях недостаточного увлажнения на почвах с непромывным водным режимом все виды органических и минеральных удобрений лучше вносить с осени под основную обработку

почвы. При влажном климате органические, фосфорные и калийные минеральные удобрения можно вносить с осени под зябь, весной под перепахку под картофель, летом при обработке паровых полей. Азотные минеральные удобрения в условиях влажного климата и при орошении лучше вносить под предпосевную обработку почвы, особенно нитратные формы, чтобы снизить потери азота от вымывания.

Лучший способ заделки основного удобрения под вспашку плугом с предплужниками, когда вся масса органических и минеральных удобрений размещается на глубине не менее 10—12 см.

При внесении основного удобрения под предпосевную обработку почвы глубина размещения удобрений разнится от 0 до 10 см. При глубине обработки до 10 см около 80 % удобрений заделывается в верхний пересыхающий слой почвы (0—5 см), что снижает их эффективность, особенно в случае внесения фосфорных и калийных удобрений. Фосфорные удобрения всегда нужно заделывать глубоко под вспашку с осени или весной под перепахку, за исключением рядкового припосевного внесения.

Калийные удобрения, особенно хлоросодержащие, лучше вносить с осени под основную обработку почвы, чтобы осенью и весной хлор из удобрений вымывался в глубокие горизонты почвы. На легких почвах и при орошении калийные удобрения целесообразнее вносить весной, чтобы исключить возможное вымывание калия.

Для легкорастворимых и поглощаемых почвой удобрений более эффективными способами внесения являются локальный и локально-ленточный. Основное удобрение под культуры обычного рядового способа посева можно вносить локально-ленточным способом специальными приспособлениями к плугам и культиваторам-плоскорезам. При локальном внесении удобрений питательные вещества меньше фиксируются почвой и более доступны для растений, повышается коэффициент их использования (табл. 33).

Из данных табл. 33 видно, что поглощение питательных веществ яровой пшеницей увеличивается при локально-ленточном способе внесения основного удобрения по сравнению с разбросным. Повышается и урожайность зерна пшеницы (на 0,05—0,11 т/га) (табл. 34).

Таблица 33. Влияние способов внесения удобрений на потребление основных элементов питания яровой пшеницей, в % от массы абсолютно сухого вещества (по данным Ю. В. Евтефеева, 1971)

Вариант опыта	Фазы развития											
	кущение			трубкавание			колошение			молочная спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль (без основного удобрения)	3,43* 3,68	0,43 0,49	2,10 2,52	2,29 2,22	0,51 0,45	4,14 3,85	2,20 2,59	0,47 0,57	3,57 3,99	1,29 1,60	0,43 0,43	0,66 0,62
										2,01 2,06	0,65 0,60	0,59 0,49
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ разбросным способом под зябь	3,69* 3,86	0,77 0,69	3,04 3,77	2,27 2,35	0,51 0,45	4,99 5,11	2,40 2,23	0,67 0,65	4,04 3,87	1,49 1,46	0,37 0,39	0,59 0,59
										2,09 2,05	0,47 0,61	0,52 0,48
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально-ленточным способом под зябь	3,78* 4,08	0,73 0,85	4,45 3,26	2,96 2,00	0,72 0,55	5,02 5,02	2,51 2,60	0,89 0,51	3,75 3,78	1,54 1,45	0,47 0,44	0,66 0,65
										2,07 2,21	0,65 0,72	0,5 0,51

* В числителе — без рядкового удобрения, в знаменателе — P₁₀ в рядки при посеве.

Таблица 34. Влияние способов внесения удобрений на урожайность яровой пшеницы, 1969—1970 гг. (по данным Ю. В. Евтефеева, 1971)

Варианты опыта	Урожайность, т/га		Прибавки, т/га	
	1969	1970	1969	1970
1. Контроль (зябь без удобрений)	1,64	1,47	—	—
2. P_{10} в рядки при посеве	1,90	—	0,26	—
3. $N_{60}P_{60}K_{60}$ разбросным способом под зябь	2,00	1,89	0,36	0,42
4. $N_{60}P_{60}K_{60}$ локально-ленточным способом под зябь	2,05	2,00	0,41	0,53
5. $N_{60}P_{60}K_{60}$ локально-ленточным способом под зябь + P_{10} в рядки при посеве	2,09	—	0,04	—
$HCP_{0,05}$			0,05	0,08

Органические удобрения нужно заделывать в более глубокий слой почвы, особенно на легких почвах. В условиях влажного климата на тяжелых почвах предпочтительнее мелкая заделка органических удобрений с целью ускорения их минерализации. Совместно с органическими нужно вносить минеральные удобрения, особенно азотные, чтобы уменьшить расход азота из гумуса почвы.

Припосевное (рядковое) удобрение при посеве зерновых, в лунки (гнезда) при посадке овощных культур вносится локальным способом, что значительно повышает коэффициент использования питательных веществ. Дозы рядкового удобрения небольшие — по 5—10 кг азота, фосфора, калия на 1 га. Оно предназначается для улучшения питания всходов сельскохозяйственных культур.

При рядковом удобрении более эффективны фосфорные удобрения — гранулированный суперфосфат, аммофос. На почвах с низким содержанием легкодоступного фосфора рядковое удобрение суперфосфатом в дозе 10 кг д.в. на 1 га обеспечивает прибавку урожая зерна яровой пшеницы 0,26 т/га.

При внесении основного удобрения в расчетных нормах под зерновые культуры эффективность рядкового значительно снижается.

Например, на выщелоченном черноземе опытного поля Алтайского аграрного университета рядковое внесение гранулиро-

ванного суперфосфата в дозе 10 кг P_2O_5 на 1 га на фоне основного удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ не обеспечило существенной прибавки (см. табл. 31).

Послепосевное удобрение или подкормки растений эффективны в условиях влажного климата или при орошении. При недостаточном увлажнении почвы перенос части расчетной нормы удобрений в подкормку нецелесообразен, потому что урожайность снижается по сравнению с внесением всей нормы основного удобрения в пахотный слой почвы.

Послепосевное удобрение эффективно в следующих условиях.

1. Ранняя весенняя подкормка озимых культур и многолетних трав азотными удобрениями в дозе 30 кг д.в. на 1 га. Для подкормки используют аммиачную селитру, сульфат аммония, мочевину.

2. Подкормка пропашных культур азотными и калийными удобрениями на легких почвах в условиях достаточного увлажнения и при орошении. Доза удобрений в подкормку N_{30-40} , K_2O — 30 кг на 1 га.

3. При высоких расчетных нормах удобрений под культуры, чувствительные к повышенной концентрации солей в почве.

4. На долголетних культурных сенокосах и пастбищах. При высоких расчетных нормах удобрений и внесении их в один прием возрастает содержание азота и калия в пастбищном корме, что приводит к заболеванию животных. Поэтому необходимо деление расчетной нормы удобрений на несколько доз и дробное внесение после очередного скашивания или цикла выпаса животных.

5. Некорневая подкормка азотными удобрениями озимой и яровой пшеницы по результатам растительной диагностики в период колошения — молочной спелости для повышения содержания белка и качества клейковины в зерне.

34.4. Система удобрений в севообороте

Севооборот объединяет сельскохозяйственные культуры в научнообоснованном чередовании и оказывает большое влияние на эффективность применяемых удобрений. Причины чередования культур в севообороте изложены в разделе 16.1. В севообо-

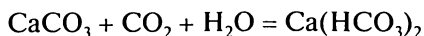
роте эффективность удобрений значительно возрастает по сравнению с бессменным возделыванием культур или монокультурой за счет более полного использования питательных веществ разными культурами. В севообороте более эффективна борьба с сорными растениями, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, что снижает потребление питательных веществ сорными растениями, улучшает питание культурных растений и повышает их урожайность.

Большое влияние на нормы удобрений под культуры в севообороте оказывают предшественники, которые оставляют в почве неодинаковые количества пожнивно-корневых остатков, по-разному удобряются, оказывают различное влияние на водный и питательный режимы почвы, засоренность полей и т. д. Бобовые культуры при благоприятных условиях обеспечивают свои потребности в азоте и даже обогащают им почвы. Поэтому при расчете норм удобрений под последующую культуру после бобовых, особенно после многолетних бобовых трав, нужно учитывать действие пожнивно-корневых остатков, вносить меньше азотных удобрений по сравнению с фосфорными и калийными.

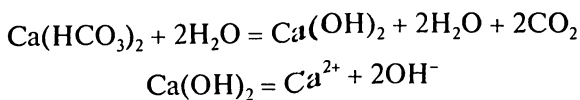
При разработке системы удобрений в севообороте нужно, прежде всего, изучить урожайность сельскохозяйственных культур по полям севооборота за последние 3—5 лет и запланировать их урожайность на предстоящие годы в соответствии с местными почвенно-климатическими и организационно-хозяйственными условиями.

Во-вторых, необходимо установить факторы, находящиеся в минимуме, ограничивающие рост урожайности культур и эффективность удобрений, обеспеченность почвы каждого поля доступными формами питательных веществ. Наличие кислых и засоленных почв, необходимость химических мелиораций, установление норм, сроков и способов внесения мелиорантов в почву.

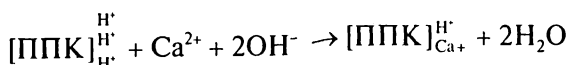
Для нейтрализации кислых почв нужно проводить известкование — внесение в почву известковых удобрений: известняков, доломитов и продуктов их переработки (известь негашеная — CaO , гашеная — Ca(OH)_2 и др.). При внесении в почву известняков или доломитов карбонаты кальция или магния под влиянием углекислого газа, находящегося в почвенном растворе, растворяются и превращаются в бикарбонаты:



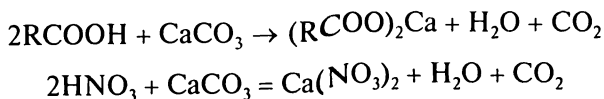
Бикарбонат кальция является гидролитически щелочной солью:



В почвенном растворе повышается концентрация ионов кальция и гидроксила. Ионы кальция вытесняют из ППК ионы водорода, и кислотность почвы нейтрализуется:



Карбонат кальция нейтрализует свободные органические и минеральные кислоты, образующиеся в почвенном растворе:



Необходимость в известковании можно установить на основании агрохимических анализов почвы, определения обменной кислотности (pH_e) и степени насыщенности основаниями (V). При pH_e меньше 4,5 необходимость известкования сильная, от 4,6 до 5,0 — средняя, от 5,1 до 5,6 — слабая. При V = 50 % и ниже — нуждаемость в известковании сильная, 50—70 % — средняя, более 70 % — слабая, более 80 % — почва в известковании не нуждается.

Необходимость в известковании можно определить и по величине гидролитической кислотности почвы. При гидролитической кислотности (Нг) больше 1,5 возникает необходимость в известковании.

Количество известковых удобрений, необходимых для нейтрализации повышенной кислотности пахотного слоя почвы до благоприятной для большинства сельскохозяйственных культур (pH_v — 6,2—6,5, pH_c — 5,6—5,8), называют полной нормой. Полную норму известковых удобрений можно определить по величине гидролитической кислотности почвы. Например, для карбоната кальция полная норма внесения в т/га равна полуторной величине гидролитической кислотности (Нг) в мг · экв/100 г почвы. Полная норма для $\text{CaCO}_3 = \text{Нг} \cdot 1,5$ (т/га). Содержание кальция в других известковых удобрениях больше, чем в карбонате кальция, поэтому для негашеной извести нужно полную

норму, рассчитанную для CaCO_3 , умножить на коэффициент 0,56, для гашеной извести — на 0,74, для магнезита (MgCO_3) — на 0,84.

Норма известковых удобрений, рассчитанная по величине $\text{pH}_\text{с}$, дифференцируется в зависимости от гранулометрического состава. На супесчаных и легкосуглинистых почвах она меньше (2—4 т/га), на средне- и тяжелосуглинистых — больше (4—7 т/га).

При внесении полной нормы известковых удобрений нейтрализуется актуальная и обменная, значительно снижается гидrolитическая кислотность почвы, повышается содержание кальция в почвенном растворе и степень насыщенности почвы основаниями.

Известкование создает благоприятные условия для роста растений и жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Кальций коагулирует почвенные коллоиды, улучшает структуру и водопроницаемость почвы. Нейтрализация повышенной кислотности в почве увеличивает количество доступных форм фосфора, калия и микроэлементов, за исключением бора и марганца, доступность которых после известкования снижается.

Для повышения эффективности известкования нужно равномерно рассеивать известковые удобрения специальными сеялками и разбрасывателями и тщательно перемешивать их с почвой. Полную норму известковых удобрений можно заделывать с осени под вспашку или весной под перепашку, при глубокой обработке паровых полей. Целесообразно $\frac{2}{3}$ нормы извести внести с осени под вспашку и $\frac{1}{3}$ — весной под предпосевную обработку. В этом случае достигается тщательное перемешивание известковых удобрений с почвой и быстрее нейтрализуется повышенная кислотность.

Известкование необходимо сочетать с внесением органических и минеральных удобрений, а под лен и картофель вносить борные удобрения. Известкование значительно повышает эффективность органических и минеральных удобрений. Под влиянием известкования ускоряется минерализация органических удобрений и повышается коэффициент использования питательных веществ растениями.

При наличии солонцовых почв необходимо внесение гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в сочетании с глубокой обработкой почвы и применением органических и азотно-фосфорных минеральных удобрений. Гипсование необходимо для нейтрализации повышенной щелочности, улучшения агрономических свойств солонцов и со-

лонцовых почв, содержащих более 10 % поглощенного натрия от общей емкости поглощения.

Мелиорантами для гипсования почв являются гипс молотый — $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ — порошок белого или серого цвета, содержащий 71—73 % CaSO_4 , фосфогипс — отход при производстве суперфосфата — порошок белого или серого цвета, содержащий 70—75 % CaSO_4 , и 2—3 % P_2O_5 . Гипс и фосфогипс необходимо хранить в сухих помещениях, потому что при высокой влажности они превращаются в комки и глыбы. Сущность гипсования, нормы и способы внесения гипса рассмотрены в разделе 11.6.

После расчетов норм известковых удобрений и гипса определяют потребность в этих мелиорантах на всю площадь, складах для хранения и технике для их внесения.

В-третьих, планируют возможный выход навоза и других местных органических удобрений, распределение их по культурам в севообороте, нормы, сроки и способы внесения в почву, сочетание органических удобрений с минеральными.

Далее планируют распределение минеральных удобрений под культуры севооборота в зависимости от обеспеченности почвы питательными веществами и наличия удобрений в хозяйстве.

При распределении удобрений в севообороте возможны различные варианты в конкретных условиях хозяйства. Если хозяйство полностью обеспечено органическими и минеральными удобрениями, то нормы удобрений в севообороте на планируемый урожай рассчитывают по вышеизложенным методам с учетом обеспеченности почвы легкодоступными формами питательных веществ, влияния предшественников и последствий удобрений. Рассчитывают разницу между поступлением питательных веществ с удобрениями и выносом их с планируемым урожаем в целом по севообороту, баланс питательных веществ в % к выносу. Баланс должен быть положительным. Планируют рациональные сроки, способы внесения и глубину заделки удобрений под каждую культуру севооборота.

Если в хозяйстве мало удобрений, то планируют их внесение под более ценные, ведущие для хозяйства культуры небольшими нормами с использованием самых эффективных приемов их внесения. Например, гранулированный суперфосфат рекомендуется вносить в рядки при посеве зерновых культур в дозе 10—12 кг д.в. на 1 га, азотные удобрения для подкормки озимых ранней весной и т. д. При недостатке в хозяйстве минеральных

удобрений их применяют прежде всего под те культуры, которые обеспечивают высокую отдачу и окупаемость. Поэтому в зонах засушливого климата, где эффективность удобрений низка, а вносят их небольшими нормами, не обеспечивается даже простое воспроизводство почвенного плодородия. Для восстановления почвенного плодородия необходимо использовать все источники местных удобрений, выращивать сидеральные культуры на зеленое удобрение, вводить посев многолетних бобовых трав. Для расширенного воспроизводства плодородия почвы необходимо вносить питательные вещества с удобрениями сверх их выноса с урожаями культур. Например, для повышения содержания легкодоступных форм фосфора и калия на 1 мг/100 г в черноземах и каштановых почвах нужно внести с удобрениями сверх выноса урожаями по 80—130 кг P_2O_5 и K_2O на 1 га.

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Удобрения являются главным средством увеличения производства продукции растениеводства и повышения ее качества. Доля удобрений в круговороте питательных веществ постоянно увеличивается в связи с увеличением производства продовольствия. Применение промышленных минеральных удобрений обеспечивает не менее половины прироста урожаев сельскохозяйственных культур и повышение качества продукции.

Но нужно знать и всегда помнить о том, что неграмотное хранение и применение удобрений может привести к снижению урожайности культур, ухудшению качества продукции, отравлению животных и человека, к загрязнению окружающей среды.

Хранение навоза в непригодных хранилищах, без гидроизоляции и жиесборников сопровождается большими потерями питательных веществ. При неправильном хранении, особенно бесподстилочного навоза, питательные вещества теряются с поверхностным стоком воды и вымываются в грунтовые воды, что приводит к загрязнению окружающей среды.

Отсутствие типовых складов для хранения минеральных удобрений тоже приводит к значительным потерям питательных веществ и загрязнению окружающей среды. Погрузка, перевозка и хранение незатаренных удобрений сопровождаются большими потерями по сравнению с упакованными в мешки и другую тару. Хранение минеральных удобрений в непригодных помещениях приводит к их слеживанию, образованию комков и глыб, снижению их качества. Повышаются затраты на дробление слежавшихся удобрений перед внесением в почву, происходит неравномерное распределение их по площади, что может создать очаги повышенной концентрации солей в почве, изреживание посевов, снижение урожаев и качества продукции.

Внесение удобрений не должно превышать оптимальных норм. Необходимо соблюдение соотношений вносимых питательных веществ на основе точного учета потребностей растений в период их роста и с учетом комплекса почвенно-климатических условий. Применение удобрений на основе комплексной почвенно-растительной диагностики содержания доступных для растений питательных веществ позволяет создавать оптимальные условия питания для растений, получать продукцию высокого качества и не загрязнять окружающую среду.

При внесении высоких норм жидкого навоза с ферм, где животным дают минеральные добавки, возможно накопление в почве микроэлементов в концентрациях, токсичных для растений и животных.

В минеральных удобрениях, наряду с необходимыми элементами для питания растений, содержатся различные примеси в виде солей тяжелых металлов и радиоактивных элементов. Из токсичных примесей содержатся фтор, свинец, кадмий, стронций, мышьяк и др. С фосфорными удобрениями в почву вносится до 5—7 % фтора от их общей массы. В суперфосфате фтор содержится в растворимой форме. Повышенное содержание фтора тормозит фотосинтез растений, нарушает обмен веществ.

В хлорсодержащих калийных удобрениях к вредным примесям относится хлор, который оказывает отрицательное влияние на урожай картофеля, льна и других культур. При внесении высоких норм калийных удобрений содержание калия в растениях превышает допустимые пределы (3 % от сухого вещества), что вызывает тяжелые отравления животных.

При внесении высоких доз азотных удобрений, содержащих нитраты, сульфаты и хлориды, усиливается миграция по профилю гуминовых и фульвокислот, катионов кальция, магния, калия. Вымывание анионов NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} сопровождается миграцией в глубокие горизонты почвы эквивалентного количества катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и других элементов, необходимых для питания растений.

В условиях промывного водного режима почв преждевременное внесение азотных удобрений, особенно нитратных форм, приводит к потерям азота при вымывании в грунтовые воды, загрязнению окружающей среды нитратами. При однократном внесении высоких норм азотных удобрений возрастает содержание нитратов в растениях, превышающее допустимые концен-

трации. Содержание нитратного азота в растениях более 0,07 % от массы сухого вещества вызывает заболевания животных.

Отрицательное влияние высоких норм азотных удобрений на растения и потери азота в результате вымывания можно свести к минимуму за счет рациональных сроков и дробного внесения их в почву. Например, при орошении азотные удобрения целесообразнее вносить под предпосевную обработку почвы и в подкормки. На сенокосах и пастбищах рассчитанную норму азотных удобрений вносят в несколько приемов после очередного скашивания или выпаса животных.

Внедрение высокоэффективных способов применения удобрений при ограниченных нормах их внесения обеспечивает максимальную продуктивность растений. Нужно добиваться повышения коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений агротехническими приемами обработки почвы, известкованием кислых почв, внесением органических удобрений. Так, внесение органических удобрений значительно снижает поглощение растениями тяжелых металлов: органические вещества почвы образуют с металлами малоподвижные комплексы.

Научнообоснованный расчет норм удобрений, выбор рациональных сроков и способов их внесения обеспечивает получение высоких урожаев, исключает загрязнение почвы и продукции токсичными элементами и поддерживает плодородие почвы на высоком уровне.

Большое значение для охраны окружающей среды и производства экологически чистой продукции сельского хозяйства имеет внедрение новых более совершенных технологий производства промышленных удобрений с тщательной очисткой от вредных примесей. Необходимо введение эколого-гигиенического нормирования качества минеральных удобрений, стандартов на удобрения, содержащие вредные примеси.

Необходим комплексный эколого-агрохимический подход для оптимизации минерального питания растений, изучения баланса питательных веществ в системе почва—растение—удобрение в конкретных почвенно-климатических условиях. Производство продукции сельского хозяйства необходимо осуществлять с сохранением и повышением плодородия почвы без загрязнения окружающей среды.

Библиографический список

1. Агрохимия: учебник / под ред. В. М. Ключковского и А. В. Петербургского. М.: Колос, 1967.
2. Бурлакова Л. М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1984.
3. Бурлакова Л. М., Рассыпнов В. А., Татаринцев Л. М. Полевые исследования почв Алтайского края: учеб. пособие. Новосибирск, 1984.
4. Докучаев В. В. Русский чернозем // Избр. соч. Т. I. М.: ОГИЗ, 1948.
5. Добровольский Г. В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М.: МГУ, 1968.
6. Евтефеев Ю. В. Влияние сроков и способов внесения удобрений на урожай яровой пшеницы // Сиб. Вестник с.-х. науки. 1971. № 4. С. 20—26.
7. Земледелие: учебник / под ред. А. И. Пупониной. М.: Колос, 2000.
8. Иванова Е. Н. Классификация почв СССР. М.: Наука, 1976.
9. Иванова Е. Н., Розов Н. Н. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Наука, 1977.
10. Карпенко А. Н., Халанский В. М. Сельскохозяйственные машины: учебник. М.: Колос, 1983.
11. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004.
12. Ковриго В. П., Кауричев И. С., Бурлакова Л. М. Почвоведение с основами геологии: учебник. М.: Колос, 2000.
13. Мишустин Е. Н., Емцев В. П. Микробиология. М.: Агропромиздат, 1987.
14. Почвоведение: учебник / под ред. И. С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1989.

15. Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1986.
16. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. М.: Колос, 1965. Т. 1.
17. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Л.: Гидрометеоздат, 1965.
18. Сукачев Н. В. Избранные труды. Т. 3. Л.: Наука, 1975.
19. Трофимов И. Т. Кормовые культуры на засоленных почвах. Барнаул: Алт. кн. изд., 1982.
20. Фисюнов А. В. Сорные растения. М.: Колос, 1984.
21. Энергоресурсосбережение в земледелии / под ред. Н. В. Яшутина. Барнаул, 2000.
22. Яшутин Н. В., Иост Н. Д. Научно-практические основы земледелия на Алтае. Барнаул, 1994.
23. Яшутин Н. В., Дробышев А. П., Иост Н. Д. Земледелие на Алтае: учебно-метод. и практ. пособие. Барнаул: АГАУ, 2001.

Оглавление

Предисловие	3
-------------------	---

Введение	4
----------------	---

ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Глава 1. Понятие о почве, ее значение. Задачи почвоведения	6
--	---

Глава 2. Происхождение минералов и горных пород	11
---	----

2.1. Происхождение минералов	11
------------------------------------	----

2.2. Образование горных пород	16
-------------------------------------	----

Глава 3. Общая схема почвообразовательного процесса. Факторы почвообразования	18
--	----

3.1. Общая схема почвообразовательного процесса	18
--	----

3.2. Факторы почвообразования	24
-------------------------------------	----

Глава 4. Морфологические признаки почв	38
--	----

4.1. Строение почвенного профиля	38
--	----

4.2. Окраска почвы	40
--------------------------	----

4.3. Новообразования и включения	40
--	----

Глава 5. Состав почв	42
----------------------------	----

5.1. Гранулометрический состав почв	42
---	----

5.2. Классификация почв по гранулометрическому составу	44
---	----

5.3. Значение гранулометрического состава	46
---	----

5.4.	Органические вещества	47
5.5.	Процессы превращения органических веществ в почве	49
5.6.	Влияние факторов почвообразования на гумификацию и гумусное состояние почв . . .	50
5.7.	Значение органического вещества почвы	52
5.8.	Химический состав почв. Элементы питания растений	55
Глава 6.	Свойства почв	65
6.1.	Поглотительная способность почв	65
6.2.	Кислотность, щелочность и буферность почв . .	70
6.3.	Структура почв	73
6.4.	Общие физические свойства почв	78
6.5.	Физико-механические свойства почв	80
Глава 7.	Режимы почв	83
7.1.	Вода в почве	83
7.2.	Водные свойства почв	85
7.3.	Водный режим почв	90
7.4.	Воздушный режим почв	94
7.5.	Тепловые свойства почв	97
7.6.	Почвенный раствор и окислительно- восстановительные процессы в почве	100
Глава 8.	Плодородие почв	103
8.1.	Виды плодородия почв	105
8.2.	Воспроизводство почвенного плодородия	106
Глава 9.	Классификация почв	109
Глава 10.	Закономерности географического распространения почв	129
Глава 11.	Характеристика основных типов почв	130
11.1.	Тундровые глеевые почвы	130
11.2.	Подзолистые почвы	132

11.3. Дерново-подзолистые почвы	135
11.4. Серые почвы	138
11.5. Черноземные почвы	141
11.6. Каштановые почвы	149
11.7. Солонцы	153
11.8. Солончаки	160
11.9. Аллювиальные почвы	162
11.10. Торфяные почвы	168
Глава 12. Рациональное использование и охрана почв	170
 ЧАСТЬ 2. ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	
Глава 13. Факторы жизни растений и законы земледелия	178
13.1. Факторы жизни растений и задачи земледелия	178
13.2. Основные законы земледелия и их реализация	179
Глава 14. Приемы оптимизации условий жизни растений и воспроизводства плодородия почв	182
Глава 15. Сорные растения и меры борьбы с ними	185
15.1. Понятие о сорных растениях и вред, наносимый ими сельскому хозяйству	185
15.2. Биологические особенности сорных растений	187
15.3. Классификация сорных растений	189
15.4. Характеристика сорных растений по биологическим группам	191
15.5. Учет и картирование сорных растений	200
15.6. Меры борьбы с сорными растениями	202
Глава 16. Севообороты	214
16.1. Научные основы севооборота	214

Глава 17. Размещение сельскохозяйственных культур и паровых полей в севооборотах	218
Глава 18. Классификация севооборотов	226
18.1. Принципы проектирования севооборотов	231
Глава 19. Обработка почвы	235
19.1. Задачи обработки почвы	235
19.2. Приемы обработки почвы	236
Глава 20. Обработка почвы под яровые культуры	252
20.1. Обработка почвы после однолетних культур обычного рядового посева	253
20.2. Особенности обработки почвы после пропашных культур	255
20.3. Обработка почвы после сеяных многолетних трав	255
20.4. Обработка почвы на паровых полях	256
20.5. Предпосевная обработка почвы под яровые культуры	257
Глава 21. Обработка почвы под озимые культуры	261
21.1. Обработка почвы на паровых полях	261
21.2. Обработка почвы после непаровых предшественников	262
Глава 22. Система обработки почвы в севооборотах	264
22.1. Принципы построения системы обработки почвы в севооборотах	264
22.2. Системы обработки почвы в севооборотах	266
Глава 23. Посев и послепосевная обработка почвы	271
23.1. Сроки, способы посева и нормы высева семян	271
23.2. Послепосевная обработка почвы	275

Глава 24. Обработка почвы при улучшении природных кормовых угодий	277
Глава 25. Обработка почвы при орошении	282
Глава 26. Системы земледелия	284
26.1. Составные части систем земледелия	288
 Часть 3. ОСНОВЫ АГРОХИМИИ	
Глава 27. Задачи предмета агрономической химии	292
27.1. Значение удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции	293
Глава 28. Азотные удобрения	296
28.1. Значение азота в питании растений	296
28.2. Виды азотных удобрений	296
28.3. Эффективность азотных удобрений	303
Глава 29. Фосфорные удобрения	304
29.1. Роль фосфора в питании растений	304
29.2. Виды фосфорных удобрений	306
Глава 30. Калийные удобрения	312
30.1. Роль калия в жизни растений	312
30.2. Виды калийных удобрений	313
Глава 31. Микроудобрения	316
31.1. Роль микроэлементов в питании растений	316
31.2. Виды микроудобрений	318
Глава 32. Комплексные удобрения	322
Глава 33. Органические удобрения	324
33.1. Значение органических удобрений	324
33.2. Виды органических удобрений	325

Глава 34. Система применения удобрений	335
34.1. Задачи системы применения удобрений	335
34.2. Расчет норм удобрений под сельскохозяйственные культуры	336
34.3. Приемы, сроки, способы и глубина внесения удобрений в почву	346
34.4. Система удобрений в севообороте	350
 Глава 35. Применение удобрений и охрана окружающей среды	 356
 Библиографический список	 359

Евтефеев Юрий Владимирович
Казанцев Геннадий Михайлович

Основы агрономии

Учебное пособие

Редактор *Б. Д. Конюшков*
Корректор *О. Н. Картамышева*
Компьютерная верстка *И. В. Кондратьевой*
Оформление серии *Л. Зарецкой*

Подписано в печать 19.10.2012. Формат 60×90/16.
Печать офсетная. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 23,0. Уч.-изд. л. 23,5.
Бумага офсетная. Тираж 3000 экз. Заказ № 7126

Издательство «**ФОРУМ**»
101990, Москва — Центр, Колпачный пер., д. 9а
Тел./факс: (495) 625-32-07, 625-52-43
E-mail: forum-knigi@mail.ru

По вопросам приобретения книг обращайтесь:

Отдел продаж издательства «ФОРУМ»
101990, Москва — Центр, Колпачный пер., д. 9а
Тел./факс: (495) 625-52-43
E-mail: forum-ir@mail.ru
www.forum-books.ru

Отдел продаж «ИНФРА-М»
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в
Тел.: (495) 380-05-40 (доб. 252)
Факс: (495) 363-92-12
E-mail: ati@infra-m.ru

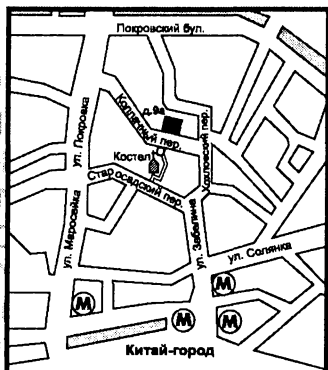
Отдел «Книга-почтой»
E-mail: podpiska@infra-m.ru;
books@infra-m.ru

Отпечатано с предоставленных диапозитивов
в ОАО «Тульская типография». 300600, г. Тула, пр. Ленина, 109



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФОРУМ»

- КУЛЬТУРОЛОГИЯ
- ФИЛОЛОГИЯ
- ПСИХОЛОГИЯ
- ПЕДАГОГИКА
- ЭКОНОМИКА
- ПРАВО
- СЕРВИС И ТУРИЗМ
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ
И КОМПЬЮТЕРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
- ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА



www.forum-books.ru

Адрес: 101990, Москва
Колпачный пер., д. 9а
тел./факс: (495) 625-32-07
625-52-43
e-mail: forum-knigi@mail.ru

Отдел продаж
Издательства «ФОРУМ»
тел./факс (495) 625-52-43
e-mail: forum-ir@mail.ru

Евтефеев Юрий Владимирович — профессор Алтайского государственного аграрного университета (АГАУ), кандидат сельскохозяйственных наук. Автор 15 научно-методических работ, 5 учебных пособий, из них два рекомендованы МСХ РФ для студентов аграрных учебных заведений.

Казанцев Геннадий Михайлович — заведующий кафедрой Алтайского государственного аграрного университета (АГАУ), кандидат сельскохозяйственных наук. Автор 9 научно-методических работ. Соавтор 2 учебных пособий, одно рекомендовано МСХ РФ.

ISBN 978-5-91134-192-3



785911 341923