

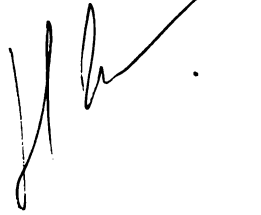
Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф.

Практикум по почвоведению



Воскресенью Александрову
с любовью и благодарностью
на добрую память
Е. С. С.

4.02.03



Учебники и учебные пособия для студентов
высших учебных заведений

Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф.

Практикум по почвоведению

под редакцией доктора биологических наук,
профессора Ганжары Н.Ф.

*Допущено Министерством сельского
хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для
студентов высших учебных заведений
по агрономическим специальностям*



«Агроконсалт»
Москва 2002

УДК 631.4(075.8)

ББК 40.3я73

Г19

Редактор Новикова Л.Н.

Рецензенты:

Рожков В.А. — доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Почвенный институт им. В.В. Докучаева),
Ларешин В.Г. — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (кафедра почвоведения, агрохимии и экологии Российского университета дружбы народов)

Г19 **Ганжара Н.Ф.**

Практикум по почвоведению. / Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. — Под редакцией доктора биологических наук, профессора Н.Ф. Ганжары. — М.: Агроконсалт, 2002. — 280 с. (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений)

Приведены методы лабораторного анализа, полевые и стационарные методы исследований для агроэкологической характеристики почв, а также материалы по морфологической и аналитической диагностике наиболее распространенных типов почв России. Даны задания по изучению материалов почвенных исследований, используемых для агрономических целей.

Учебное пособие издано при поддержке Межрегиональной ассоциации «Агрообразование»

УДК 631.4(075.8)

ББК 40.3я73

© Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф., 2002
© Оформление ООО «Агроконсалт», 2002

ISBN 5-94325-023-9

Предисловие

Настоящее учебное пособие охватывает все виды лабораторно-практических и камеральных занятий по почвоведению в соответствии с программой курса “Почвоведение с основами геологии” для агрономических специальностей высших учебных заведений.

Пособие включает три части, состоящие из 9 разделов. В первой части приведены наиболее распространенные методы лабораторного анализа почв, которые используются в настоящее время в почвенно-агрохимических лабораториях массовых анализов для агроэкологической характеристики почв.

В третьем разделе этой части приведены стационарные методы исследований почв, которые частично могут использоваться в период проведения учебно-методической практики по почвоведению, а также при проведении исследовательских работ дипломниками, аспирантами и научными сотрудниками.

Во второй части даются материалы по морфологической и аналитической диагностике наиболее распространенных типов почв России. Студенты должны научиться диагностировать почвы по монолитам и по аналитическим данным. Диагностика основных типов почв Европейской части России приведена в соответствии с материалами действующей классификации (“Классификация и диагностика почв СССР”, 1977).

В третьей части рассмотрены основные материалы почвенных исследований, которые используются для агрономических целей. Студенты должны уметь читать почвенные карты, владеть методами бонитировки, агропроизводственной группировки почв и типизации земель. Этот раздел пособия может использоваться преподавателями и студентами не только на практических занятиях, но и в процессе проведения учебно-методической и производственной практики.

Пособие включает “Задания”, которые могут выполняться как во время практических занятий, так и самостоятельно, особенно студентами заочных и вечерних отделений.

Переработанные варианты представленных в настоящем учебном пособии заданий могут быть использованы в текущем и итоговом контроле знаний студентов (контрольные работы, зачеты и экзамены).

В приложениях даны краткие рекомендации к выполнению курсовой работы и пример тестов для контроля знаний студентов.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам — директору Почвенного института им. В.В. Докучаева, доктору сельскохозяйственных наук, профессору В.А. Рожкову и заведующему кафедрой почвоведения, агрохимии и экологии Российского университета дружбы народов, кандидату сельскохозяйственных наук, доценту В.Г. Ларешину, а также преподавателям и сотрудникам кафедры почвоведения Тимирязевской академии за ценные замечания, позволившие существенно улучшить содержание учебного пособия.

Методы исследования в почвоведении

Как всякая сложная система, почва обладает источниками информации, такими как вещественный состав, материальные свойства, закономерности распределения почв на поверхности земли, история развития, почвообразовательные процессы, обмен веществом и энергией с другими природными телами, плодородие почв и др. Для получения такой информации почвоведение использует методы других естественных наук: химии, физики, биологии, биохимии, геохимии, геологии, гидрологии и ряда других. В то же время почвоведение, как самостоятельная наука, имеет свои методы и приемы исследований.

Сравнительно-географический метод. Сущность метода заключается в выявлении коррелятивных связей между строением, составом и свойствами почв, с одной стороны, и факторами почвообразования — с другой. Установление таких связей позволило В.В.Докучаеву разработать теоретические основы современного почвоведения и установить целый ряд общих закономерностей генезиса и географии почв, в частности, учение о факторах почвообразования, о зональности и вертикальной поясности и др. В.В.Докучаев назвал почву “зеркалом” ландшафта, в ней отражены особенности взаимодействия факторов почвообразования в каждом отдельном месте. Открытие закономерных связей между типом почвы и биоклиматическими условиями позволило В.В.Докучаеву в конце XIX века составить первую почвенную карту северного полушария дедуктивным методом.

Разновидности сравнительно-географического метода — сравнительно-геоморфологический и сравнительно-литологический, основанные на установлении связей между почвенными различиями, рельефом местности и почвообразующими породами, широко используются в настоящее время при крупномасштабном картографировании почв. Однако некоторые свойства почв обусловлены не действием современных факторов почвообразования, а остались от прошлых эпох, когда факторы почвообразования отличались от существующих. Такие свойства почв называют реликтовыми.

Сравнительно-исторический метод. В основе метода положен принцип актуализма, который позволяет исследовать реликтовые свойства почв на основе изучения современных процессов почвообразования и их связи с современными факторами почвообразования.

Профильный метод. Сущность метода заключается в изучении системы генетических горизонтов, включая почвообразующую породу, которые являются следствием почвообразовательного процесса, агрогенного воздействия или же связаны с неоднородностью (слоистостью) почвообразующей породы. Разновидностью профильного метода является сравнительно-аналитический метод (по А.А. Роде). Сущность его заключается в сравнении вещественного состава и свойств твердой фазы каждого из почвенных горизонтов, с одной стороны, и материнской породы — с другой. Изменения в почвенном профиле, найденные таким сравнением, служат основой для суждения о природе процессов почвообразования и причинах вертикальной анизотропности почвы: выносе и накоплении веществ, образовании и разрушении химических соединений в отдельных генетических горизонтах. Как правило, эти изменения протекают с малыми скоростями и накапливаются в течение длительного времени (сотни и тысячи лет). Непосредственное наблюдение за ходом этих изменений неосуществимо. При использовании сравнительно-аналитического метода принимаются три допущения.

1. Исходная материнская порода, из которой образовалась изучаемая почва, не была слоистой.

2. Слой почвы, принимаемый исследователями за почвообразующую породу, существенно не изменился за период существования почвы.

3. Процесс почвообразования на протяжении всего времени существования почвы шел в одном направлении.

Такие допущения определяют некоторую условность результатов применения метода, тем не менее этот метод в сочетании с другими позволил объяснить, с разной степенью достоверности, причины вертикальной анизотропности многих типов почв.

Профильный метод предусматривает использование наиболее распространенных приемов, методов и анализов, характеризующих твердую фазу почвы. При этом изучаются в каждом генетическом горизонте: морфология, микроморфология, физические свойства, гранулометрический состав, агрегатный и микроагрегатный состав, валовой химический состав, формы химических соединений, физико-химические свойства, состав и свойства органического вещества, минералогический состав и др.

Стационарный метод, или метод почвенно-режимных наблюдений. Этот метод применяют для изучения почвенных режимов: водного, теплового, солевого, газового, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, биологической активности и

др. Он лежит в основе биосферного мониторинга. Под почвенным режимом какого-либо соединения понимается динамика его содержания и качественного состава, связанная с процессами его образования, передвижения, распада, поступления в почву и выноса из почвы. Критерием возможности полного изучения режима какого-либо соединения является возможность определения полного его баланса за определенное время. Режимы соединений в почвах имеют разную степень изученности. Многие из них играют большую роль в плодородии и являются предметом изучения агрономического почвоведения.

Стационарный метод включает большое разнообразие способов и приемов исследований, специфических методов почвоведения более низкого порядка и методов смежных наук. Широкое распространение получили методы почвенных лизиметров и стоковых площадок, с помощью которых изучают состав почвенных растворов, внутрипочвенный и поверхностный сток, который собирают с определенного объема или площади за определенное время.

Метод моделирования. Экспериментально воспроизводят различные явления и совершающиеся или гипотетические процессы в обстановке контролируемого эксперимента в полевых или лабораторных условиях. Моделирование может производиться как на естественных, так и на искусственных объектах. В последние годы все большее распространение получают математическое и физико-химическое моделирование с использованием компьютерной техники.

Картографический метод. Применяется для изображения на картах почвенного покрова определенных территорий. Он использует методы картографии и топографии, специфические методы почвоведения, такие как сравнительно-географический, метод почвенных ключей, а также аэрокосмические методы с использованием аэро- и космических снимков.

В агропочвоведении широко используются методы агрохимии и земледелия, такие как исследования в полевых, микрополевых, вегетационно-полевых и вегетационных опытах.

Часть I. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА, СВОЙСТВ И РЕЖИМОВ ПОЧВ

1. Лабораторные методы исследования физических свойств почв

1.1. Подготовка почвы к анализу

После отбора почвенных проб (образцов) в поле их высушивают в хорошо проветриваемом помещении или в специальных сушильных камерах при температуре воздуха не более 40°C. Можно высушить образцы и на улице в тени, прикрыв их бумагой. Исключение составляют пробы, в которых анализ необходимо проводить в состоянии естественной влажности (содержание нитратов, двухвалентного железа и др.). Воздушно-сухой образец массой 400-1000 г распределяют тонким слоем на листе бумаги в виде квадрата, раздавливают крупные комки и отбирают крупные корни, включения и новообразования. Затем квадрат делят на четыре части по диагонали. Две противоположные части пересыпают в коробку и хранят в нерастертом состоянии, с этикетками внутри коробки и на ее стенке. Оставшуюся на бумаге почву разравнивают тонким слоем в виде квадрата, крупные структурные агрегаты предварительно измельчают шпателем на бумаге или пестиком в ступке. Квадрат делят на более мелкие квадраты со стороной 3-5 см. Из каждого квадрата отбирают шпателем небольшое количество почвы — 20-30 г — и помещают ее в пакетик. Ее используют для определения углерода и азота (после тщательного отбора корней и других органических остатков).

Оставшуюся часть почвы измельчают на мельнице или в фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями в 1 мм. При наличии скелета (частиц крупнее 1 мм) его отмывают на сите от мелкозема, просеивают через колонку сит с отверстиями 10, 5, 3 и 1 мм и вычисляют содержание каждой фракции. Мелкозем (< 1 мм) помещают в картонные или пластиковые коробки и используют для большинства анализов.

1.2. Определение гигроскопической влажности

Воздушно-сухие пробы почв всегда содержат некоторое количество влаги, сорбированной из воздуха, которая прочно удерживается на поверхности твердых частиц. Такая влага называется гигроскопической. Ее количество зависит от влажности воздуха, свойств почв и, прежде всего, от содержания гидрофильных коллоидов и составляет от десятых долей процента в песчаных почвах до 3-5% — в суглинистых и глинистых. Гигроскопическую влажность определяют методом высушивания образца при 105°C до постоянной массы. Показатели гигроскопической влажности используют в аналитической практике для пересчета результатов анализов на сухую почву.

Ход анализа. Отвешивают на аналитических весах 5 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито в 1 мм. Навеску помещают в просушенный при 105°C в сушильном шкафу и предварительно взвешенный стаканчик с притертой крышкой (бюкс). Почву в стаканчике сушат в сушильном шкафу при 105°C 3 ч, после чего закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе (с CaCl₂ на дне) и взвешивают. Затем проводят контрольную сушку в течение 1-2 ч, доводя образец до постоянной массы. Допустимые расхождения в массе после сушки — 0,005 г. Гигроскопическую влажность (W) вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 100}{m},$$

где m_1 — масса испарившейся воды (г); m — масса сухой почвы (г):

Необходимо помнить — в почвоведении принято за 100% считать массу сухой почвы.

Коэффициент пересчета результатов анализа воздушно-сухой почвы на сухую вычисляют по формуле:

$$K_w = \frac{100+W}{100}.$$

Переводной коэффициент воздушно-сухой почвы в сухую вычисляют по формуле:

$$K = \frac{100}{100+W}.$$

Форма записи результатов

Горизонт, глубина, см	№ бюкса	Масса бюкса, г	Масса бюкса с воздушно- сухой почвой, г	Масса бюкса с высушенной почвой, г	Масса влаги, г	Гигроско- пическая влаж- ность, %
А _{пах} 0-25	21	11,6260	12,9192	12,8595	0,0597	4,84

1.3. Определение максимальной гигроскопической влажности (МГ)

Максимальной гигроскопической влажностью называется наибольшее количество гигроскопической влаги, которое почва поглощает из воздуха при его относительной влажности, близкой к 100%. МГ обычно в 2-3 раза превышает показатели гигроскопической влаги. Значения МГ в песчаных и супесчаных почвах составляют 0,5-1%; в суглинистых 2-10%; в глинистых до 15-20%; в торфах 30-50%.

Показатели МГ используют для расчета влажности завядания и запасов продуктивной и недоступной для растений влаги в почве. Отношение влажности завядания (ВЗ) к максимальной гигроскопической (МГ) характеризует “коэффициент завядания”, который зависит от свойств почв и вида растений и составляет 1,2-2,3 (для пшеницы 1,3-1,6; для льна 1,7-2,3; для чая — около 2). В среднем при вычислении влажности завядания принимается коэффициент 1,5, а по инструкции гидрометеорологической службы — 1,34.

Ход анализа. Отвешивают на аналитических весах 10 г почвы, просеянной через сито в 1 мм. Навеску помещают в предварительно высушенный и взвешенный стеклянный бюкс с притертой крышкой.

Открытые бюксы с почвой (определение ведут в 2-3-х повторностях) ставят в эксикатор, на дно которого наливают насыщенный раствор сернокислого калия (11-15 г K_2SO_4 растворяют в 100 мл воды). Эксикатор плотно закрывают крышкой и ставят в темное место. Через 3-4 дня бюксы вынимают из эксикатора, закрывают крышками, взвешивают и снова ставят в эксикатор. Последующие взвешивания проводят через каждые 2-3 дня до тех пор, пока не установится постоянная масса. Допустимые расхождения в массе — 0,008 г.

Затем стаканчики с почвой сушат в сушильном шкафу до постоянной массы. МГ вычисляют по формуле:

$$МГ, \% = \frac{m_1 100}{m},$$

где m_1 — масса испарившейся влаги (г); m — масса сухой почвы (г).

1.4. Гранулометрический состав почв

Твердая фаза почвы состоит из частиц разного размера, которые называются механическими элементами. Как правило, отдельные механические элементы в почве находятся в агрегированном состоянии в виде структурных отдельностей (педов), и для их определения необходимо разрушить агрегаты механическим или химическим способом. В песчаных и супесчаных почвах агрегаты отсутствуют и механические элементы находятся в раздельно-частичном состоянии.

Классификация механических элементов

Гранулометрический состав почвы определяется содержанием механических элементов разного размера, выраженным в % к массе абсолютно сухой почвы. Близкие по размерам механические элементы характеризуются примерно одинаковыми свойствами и поэтому их группируют во фракции. Существуют несколько группировок, или классификаций механических элементов как отечественных, так и зарубежных. В России наибольшее распространение получила классификация механических элементов, разработанная А.Н. Сабининым и В.Р. Вильямсом и уточненная впоследствии Н.А. Качинским (табл. 1.1.).

Частицы размером более 1 мм называются почвенным скелетом, менее 1 мм — мелкоземом. Сумма частиц мельче 0,001 мм — илистая фракция — при определении гранулометри-

1.1. Классификация механических элементов (Н.А. Качинский, 1965)

Название фракции	Размер, мм	Название фракции	Размер, мм
Камни	более 3	<i>Пыль:</i>	
Гравий	3-1	крупная	0,05-0,01
<i>Песок:</i>		средняя	0,01-0,005
крупный	1-0,5	мелкая	0,005-0,001
средний	0,5-0,25	<i>Ил:</i>	
мелкий	0,25-0,05	грубый	0,001-0,0005
		тонкий	0,0005-0,0001
		Коллоиды	Менее 0,0001

ческого состава для практических целей на более мелкие фракции не подразделяется.

Отдельные фракции механических элементов различаются по химическому и минералогическому составу, а также по физико-химическим и физическим свойствам. Наибольшие различия отмечаются между фракцией ила ($< 0,001$ мм) и остальными фракциями.

По физическим свойствам наиболее резкая граница проходит между фракциями крупной и средней пыли. Фракции крупной пыли по свойствам близки к фракции песка, поэтому все частицы крупнее 0,01 мм (крупный, средний, мелкий песок и крупная пыль) объединяются в группу физического песка, а частицы мельче 0,01 мм (средняя, мелкая пыль и ил) — в группу физической глины.

Классификация почв по гранулометрическому составу

Классификация почв по гранулометрическому составу основана на соотношении в них физической глины и физического песка. В табл. 1.2 приведена классификация Н.А. Качинского для подзолистых почв, которая в настоящее время предлагается в качестве единой для всех почв (В. И. Кирюшин, 1996).

Кроме основного названия, определенного по содержанию физической глины и физического песка, введено дополнительное, с учетом преобладающей фракции: песчаной (1,0-0,05 мм), крупнопылевой (0,05-0,01 мм), пылевой (0,01-0,001 мм) и иловой ($< 0,001$ мм). Иногда в научных целях в дополнительном названии используются две преобладающие фракции, при этом на последнее место ставится та, которой больше содержится, например, суглинок средний пылево-иловатый.

1.2. Классификация почв по гранулометрическому составу

Содержание физической глины ($< 0,01$ мм), %	Основное наименование разновидностей	Дополнительное наименование
0-5	Рыхлопесчаная	
5-10	Связнопесчаная	Песчаные и
10-20	Супесчаная	крупнопылевые
20-30	Легкосуглинистая	
30-40	Среднесуглинистая	Песчаные,
40-50	Тяжелосуглинистая	крупнопылевые,
50-65	Легкоглинистая	пылевые и иловые
65-80	Среднеглинистая	
> 80	Тяжелоглинистая	Пылевые и иловые

Содержание физической глины и физического песка (мелкозема) в сумме составляет 100%. Если почва имеет содержание гравия (1-3 мм), превышающее содержание преобладающих фракций мелкозема, то это указывается в названии почвы, например, супесь крупнопылевато-гравелистая.

Отдельно вводится в название степень каменистости, в зависимости от содержания частиц более 3 мм в % к массе почвы: не каменистая (менее 0,5), слабокаменистая (0,5-5), среднекаменистая (5-10), сильнокаменистая (> 10).

1.4.1. Определение гранулометрического состава почв методом пипетки (вариант Н.А. Качинского с подготовкой почвы к анализу пирофосфатным методом по С.И. Долгову и А.И. Личмановой)

Почвенный скелет (> 1 мм) разделяют на ситах. Мелкозем (< 1 мм) обрабатывают пирофосфатом натрия для диспергирования агрегатов, пропускают через сито с отверстиями 0,25 мм. Частицы размером менее 0,25 мм переносят в цилиндр с водой в виде суспензии, и определение более мелких механических элементов проводят методом пипетки. Он основан на зависимости скорости оседания частиц в суспензии от их размера. Скорость падения различных по размеру частиц рассчитывают по формуле Стокса, которая учитывает радиус и плотность падающей частицы, плотность и вязкость жидкости. Зная скорость осаждения механических элементов разного диаметра, пипеткой берут пробы почвенной суспензии с определенной глубины через определенное время после взмучивания и определяют весовым методом содержание механических элементов.

Подготовка почвы к анализу. Из воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями в 1 мм, отвешивают 10 г (с точностью до 0,01 г) и помещают в фарфоровую чашку диаметром 10-12 см. Наливают в стаканчик 4%-ный раствор пирофосфата натрия: для не карбонатных, не засоленных, не загипсованных почв легкого механического состава берут 5 мл раствора на 10 г почвы, для тяжелосуглинистых, глинистых и карбонатных почв — 10 мл, для засоленных и загипсованных 20 мл. Если используют поллитровые цилиндры, то навеску почвы и количество пирофосфата натрия уменьшают вдвое.

Почву в фарфоровой чашке смачивают раствором пирофосфата до тестообразного состояния и осторожно растирают пестиком с резиновым наконечником в течение 10 минут. Выливают в чашку с почвой остаток раствора пирофосфата, добавляют дис-

тиллированную воду, размешивают и переносят в литровый цилиндр через сито с отверстиями 0,25 мм, вставленное в стеклянную воронку. Размешивание с добавлением новых порций воды продолжают до тех пор, пока вся почва не окажется перенесенной в мерный цилиндр. Объем суспензии в цилиндре доводят до 1 л и анализируют ее методом пипетки. Почву на сите (крупный и средний песок) промывают водой из промывалки и смывают в фарфоровую чашку. Из чашки почву путем декантации водой переносят без потерь в заранее взвешенный сушильный стаканчик. Избыток воды из стаканчика сливают, остаток выпаривают на эвритовой плитке, затем высушивают в сушильном шкафу при 105°C до постоянной массы и рассчитывают содержание крупного и среднего песка.

Подготовка к взятию проб. Пробы из цилиндра берут специальной пипеткой с разной глубины и через разные промежутки времени. Всего берут четыре пробы (табл. 1.3.). Сроки взятия проб зависят от плотности твердой фазы почвы и температуры суспензии. Плотность твердой фазы определяют заранее или пользуются примерными данными (d , г/см³): для почв легкого гранулометрического состава, а также гумусовых и пахотных горизонтов с содержанием гумуса менее 5% — 2,6; для гумусовых и пахотных горизонтов с содержанием гумуса более 5% (черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные и обыкновенные) — 2,4; для остальных нижележащих минеральных горизонтов с содержанием гумуса менее 1% — 2,7.

1.3. Сроки и глубины взятия проб пипеткой

d , г/см ³	№ пробы	Диаметр частиц, мм менее	Глубина погружения пипетки, см	Время отстаивания при температурах, °C		
				15	20	25
2,4	1	0,05	25	140 с	132 с	117 с
	2	0,01	10	23 мин 20 с	21 мин 49 с	19 мин 33 с
	3	0,005	10	1 ч 39 мин	1 ч 28 мин	1 ч 18 мин
	4	0,001	7	29 ч 00 мин	25 ч 30 мин	22 ч 49 мин
2,6	1	0,05	25	130 с	115 с	103 с
	2	0,01	10	21 мин 45 с	19 мин 14 с	17 мин 06 с
	3	0,005	10	1 ч 27 мин	1 ч 17 мин	1 ч 08 мин
	4	0,001	7	25 ч 22 мин	22 ч 26 мин	19 ч 57 мин
2,7	1	0,05	25	123 с	109 с	97 с
	2	0,01	10	20 мин 28 с	18 мин 06 с	16 мин 06 с
	3	0,005	10	1 ч 22 мин	1 ч 12 мин	1 ч 04 мин
	4	0,001	7	23 ч 53 мин	21 ч 07 мин	18 ч 49 мин

Взятие проб. Закрывают цилиндр пробкой и взбалтывают почвенную суспензию десятикратным переворачиванием цилиндра вверх дном и обратно. После последнего оборота цилиндр ставят на стол и засекают время отстаивания. Если цилиндр без пробки, взбалтывание производят мешалкой быстрыми движениями вверх и вниз в течение минуты.

За минуту до истечения срока отстаивания цилиндр ставят под пипетку и осторожно опускают ее на заданную глубину (рис. 1.1.). Пипетка, усовершенствованная А.Н. Майсуряном, имеет кран, в котором четыре рабочих положения: 1 — нейтральное (при этом положении пипетку опускают и вынимают из цилиндра); 2 — забор суспензии в пипетку; 3 — слив суспензии из пипетки в заранее взвешенный стаканчик; 4 — промывание пипетки небольшим количеством воды. Последовательность работы краном показана на рис. 1.1.

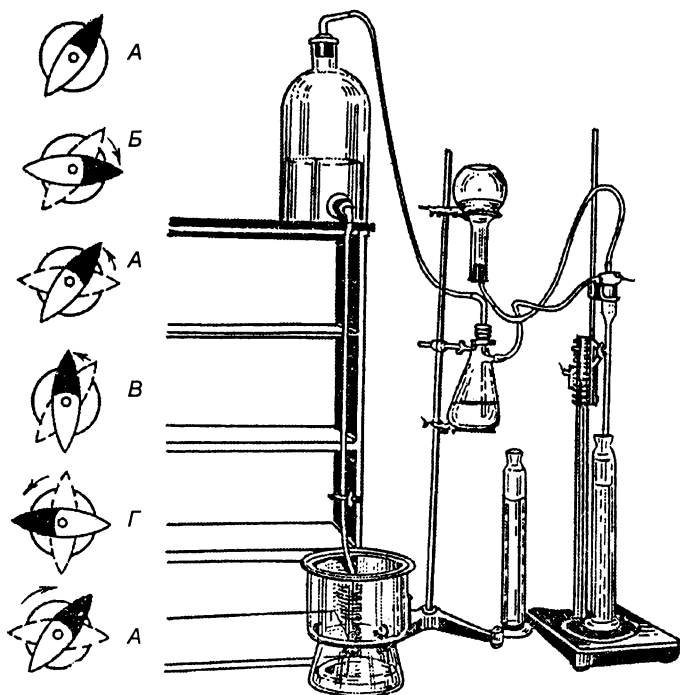


Рис. 1.1. Прибор для механического анализа и схема положений крана при работе с пипеткой

Взятую пробу выпаривают на этернитовой плитке до полного высыхания, высушивают в сушильном шкафу при 105°C до постоянной массы и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

Засасывание проб в пипетку следует проводить в течение 20-30 сек. Для первой пробы с диаметром частиц менее 0,05 мм время, затраченное на ее взятие, может отразиться на точности анализа, поэтому пробу следует начинать брать на 10 с раньше и заканчивать на 10 с позже времени, указанного в таблице.

Расчет результатов гранулометрического анализа

Содержание крупного и среднего песка (1-0,25 мм) вычисляют по формуле:

$$P_k \text{ и } P_c = \frac{100m_1K_w}{m},$$

где P_k и P_c — количество крупного и среднего песка (%); m_1 — масса частиц, оставшихся на сите (г); 100 — коэффициент пересчета в %; K_w — коэффициент пересчета на сухую почву; m — навеска почвы, взятая для анализа (г).

Содержание частиц I пробы вычисляют по формуле:

$$n_1 = \frac{m_1V \cdot 100 \cdot K_w}{V_1m},$$

где n_1 — содержание частиц первой пробы (%); m_1 — масса первой пробы (г); V — объем суспензии в цилиндре (мл); 100 — коэффициент пересчета в %; V_1 — объем пробы, взятой пипеткой (мл); m — навеска почвы, взятая для анализа (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву. По этой же формуле рассчитывают содержание частиц II, III и IV проб (n_2 , n_3 , n_4).

Содержание *крупной пыли* (0,05-0,01) находят путем вычитания n_1-n_2 ; *средней пыли* (0,01-0,005 мм) — n_2-n_3 ; *мелкой пыли* (0,005-0,001) — n_3-n_4 ; содержание *ила* равно количеству частиц IV пробы.

Содержание мелкого песка (0,25-0,05 мм) находят по разности:

$$P_m = 100 - (P_k \text{ и } P_c + n_1),$$

где P_m — содержание мелкого песка, %; P_k и P_c — содержание крупного и среднего песка, %; n_1 — содержание частиц I пробы, %.

Форма записи результатов взвешивания и расчета содержания частиц

Показатели	Крупный и средний песок	Проба			
		I	II	III	IV
	1-0,25	0,05	0,01	0,005	0,001
Номер стаканчика					
Масса стаканчика, г					
Масса стаканчика с пробами, г					
Масса проб, г					
Объем взятой пробы, мл					
Содержание проб, %					

При подсчетах из массы фракции $<0,001$ мм вычитают поправку, соответствующую содержанию в суспензии пептизатора (при внесении 20 мл 4%-го раствора пирофосфата натрия и объеме пипетки 25 мл она равна 0,02 г).

При анализе засоленных почв может произойти полная или частичная коагуляция суспензии в цилиндре. В таких случаях пробу не берут, а цилиндр с суспензией оставляют на 1-2 суток до полного осветления жидкости. После осветления жидкость сливают и определяют в ней содержание солей (плотный остаток). Из плотного остатка вычитают поправку, соответствующую содержанию пептизатора (0,02 г в 25 мл). Массу плотного остатка вычитают из массы взятой навески почвы, и в дальнейшем все расчеты содержания механических фракций ведут в % к массе бессолевого навески.

К осадку в цилиндре вновь приливают 20 мл 4%-го раствора пирофосфата натрия, тщательно перемешивают, доводят объем до 1 л и анализируют суспензию методом пипетки.

Форма записи окончательных результатов.

Гранулометрический состав (название почвы, название генетического горизонта, глубина взятия, см)

Размер механических элементов, мм, их название, способ определения, содержание, %						
1-0,25 крупный и средн. песок, сито	0,25-0,05 мелк. песок по разности	0,05-0,01 крупн. пыль n_1-n_2	0,01-0,005 средн. пыль n_2-n_3	0,005-0,001 мелкая пыль n_3-n_4	< 0,001 ил n_4	< 0,01 физическая глина n_2
25,5	22,0	30,2	6,3	3,4	12,6	22,3

Название почвы по гранулометрическому составу: суглинок легкий крупнопылевато-песчаный.



1.4.2. Подготовка почвы к анализу методом Н.А. Качинского

Навеску почвы обрабатывают 0,05 н HCl на фильтре до исчезновения реакции на кальций. Затем отмывают водой от HCl до отсутствия реакции на хлор. Для диспергирования почвы добавляют щелочь и проводят кипячение в течение 1 часа. Определяют потерю от промывания, почву переносят в цилиндр через сито с отверстиями 0,25 мм, и дальнейший анализ проводят методом пипетки.

При проведении практических занятий гранулометрический анализ можно заканчивать после взятия I и II пробы, а взвешивание проб в стаканчиках проводить сразу после выпаривания без дополнительной сушки при 105°C. Содержание частиц II пробы позволяет определить основное название почвы по гранулометрическому составу. При этом время на проведение анализа сокращается до 4 ч.

1.5. Структура почвы

Структура почвы — это совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава. Наиболее агрономически ценными (оптимальными) для культурных растений являются мезоагрегаты размером 0,25-10 мм, обладающие высокой пористостью (более 45%), механической прочностью и водопрочностью.

1.5.1. Агрегатный анализ почв — метод Н.И. Саввинова

Сущность метода заключается в определении количества агрегатов разного размера методом “сухого” просеивания, а водопрочных агрегатов — методом “мокрого” просеивания.

Сухое просеивание. Из образца нерастертой воздушно-сухой почвы берут среднюю пробу 0,5-2,5 кг. Из пробы выбирают камни, гравий, корни и другие включения, если они имеются. Пробу просеивают через набор сит с диаметрами отверстий 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм. Набор сит должен иметь крышку и поддон. Почву просеивают порциями (100-200 г) без резких встряхиваний. При разъединении каждое сито еще раз встряхивают постукиванием по его ребру ладонью руки, для того чтобы освободить из отверстий застрявшие в них агрегаты. Каждую фракцию агрегатов отдельно собирают, взвешивают и рассчитывают ее процентное содержание. Фракцию размером < 0,25 мм вычисляют по разности между массой почвы, взятой для анализа, и суммой фракции

$> 0,25$ мм. За 100% принимается взятая для анализа навеска за вычетом массы включений (камни, гравий и др.). По данным сухого просеивания определяют коэффициент структурности:

$$K_{\text{стр}} = \frac{A}{B},$$

где $K_{\text{стр}}$ — коэффициент структурности; A — сумма агрегатов размером от 0,25 до 10 мм (%); B — сумма агрегатов $< 0,25$ мм и комков > 10 мм (%).

Мокрое просеивание. Для определения водопрочности агрегатов составляют среднюю пробу в 50 г из всех фракций агрегатов, полученных при сухом просеивании, пропорционально их процентному содержанию. Для этого берут каждую фракцию в количестве, равном в граммах половине процентного содержания ее в данной почве. Например, если содержание фракции 3-2 мм составляет 10%, то навеску этой фракции для средней пробы берут 5 г. В среднюю пробу не включают фракцию $< 0,25$ мм, чтобы не забивались нижние сита при просеивании. Поэтому навеска получается меньше 50 г, но при расчете результатов анализа за 100% принимают навеску массой 50 г.

Отобранную пробу высыпают в литровый стеклянный цилиндр и медленно, по стенкам приливают воду до $2/3$ объема цилиндра для вытеснения воздуха. Чтобы ускорить вытеснение воздуха, цилиндр закрывают пробкой, дважды наклоняют до горизонтального положения и возвращают в вертикальное положение. Почву оставляют на 10 мин. в покое, после чего доливают цилиндр доверху водой, закрывают пробкой и переворачивают вверх дном, ожидая пока все частицы почвы не осядут вниз. Затем цилиндр возвращают в первоначальное положение и выжидают пока почва не достигнет дна. После 10 таких оборотов закрытый цилиндр опрокидывают над набором сит, стоящих в воде в широком сосуде (рис. 1.2).

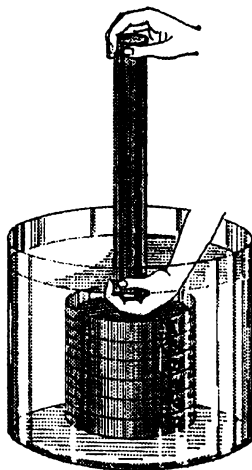


Рис. 1.2. Установка для фракционирования почвы на ситах в воде

Набор для мокрого просеивания включает 6 сит диаметром 20 см и высотой борта 3 см с диаметрами отверстий 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм.

Слой воды в сосуде должен быть на 5-6 см выше борта верхнего сита. Под водой открывают пробку цилиндра и, не отрывая его от воды, плавными движениями распределяют почву по поверхности сита. Через минуту, когда все агрегаты упадут на сито, цилиндр закрывают пробкой под водой и вынимают. Перенесенную на сита почву просеивают под водой. Для этого набор сит медленно поднимают на 5-6 см и быстро опускают на 3-4 см. Встряхивания повторяют 10 раз с промежутком в 2-3 секунды. Затем сита с диаметром отверстий < 1 мм снимают, не вынимая всего набора сит из воды, а остальные встряхивают еще 5 раз и вынимают из воды. Оставшиеся на ситах агрегаты смывают струей воды из промывалки в фарфоровые чашки. Избыток воды в чашках сливают. Из больших чашек почву переносят декантацией в заранее взвешенные алюминиевые стаканчики, избыток воды сливают, а почву высушивают на песчаной бане или электроплитке и взвешивают. Для каждой фракции определяют ее процентное содержание, умножая массу каждой фракции на 2. Содержание фракции < 0,25 мм рассчитывают по разности (100 — сумма всех фракций > 0,25 мм).

Наличие в почве механических элементов крупнее 0,25 мм (песок, гравий и др.) искажает результаты анализа. Поэтому в таких случаях фракции после взвешивания помещают в фарфоровые чашки, заливают водой и растирают резиновой пробкой. Разрушив агрегаты, отмывают мелкозем декантацией, а оставшиеся крупные механические элементы переносят в сушильный стаканчик, высушивают и взвешивают. Содержание фракций рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{m_1 100}{m},$$

где X — содержание агрегатов определенного размера (%); m_1 — масса агрегатов (без крупных включений), г; m — навеска почвы, взятая для анализа (50 г) за вычетом крупных механических включений. Результаты агрегатного анализа оформляют по следующей форме:

Агрегатный состав чернозема обыкновенного легкосуглинистого на лессовидном суглинке (числитель — данные сухого просеивания, знаменатель — мокрого), % на сухую почву

Горизонт, глубина, см	Размер фракций, мм, содержание, %								
	> 10	10-7	7-6	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25
$A_{пах}$ 0-25	51,0	6,9	6,5	$\frac{6,7}{0,5}$	$\frac{4,0}{1,0}$	$\frac{5,0}{6,7}$	$\frac{4,2}{22,3}$	$\frac{3,5}{18,4}$	$\frac{12,2}{51,1}$

Агроэкологическая оценка структурного состояния

По результатам агрегатного анализа вычисляют коэффициент структурности ($K_{стр}$), под которым понимается отношение количества агрегатов от 0,25 до 10 мм (в %) к суммарному содержанию агрегатов меньше 0,25 и больше 10 мм (в %). Чем больше $K_{стр}$, тем лучше структура почвы.

С.И. Долгов и П.У. Бахтин предложили следующую шкалу для оценки структурного состояния почв (табл. 1.4.)

Сотрудниками Агрофизического института РАСХН предложена формула для расчета критерия водопрочности, показывающего относительное содержание водопрочных агрегатов, выраженное в % от общего содержания агрегатов размером от 1 до 0,25 мм:

$$A = \frac{C_{ен} \cdot 100}{C},$$

где A — критерий водопрочности (%); C — содержание агрегатов размером от 1 до 0,25 мм при сухом просеивании (%); $C_{ен}$ — содержание водопрочных агрегатов размером от 1 до 0,25 мм (%).

Агрегатный анализ можно проводить с использованием прибора Бакшеева (рис. 1.3) или установки УОВ-1, которые повышают воспроизводимость результатов анализа, поскольку ручное встряхивание заменено механическим качанием сит с помощью электромоторов.

1.4. Оценка структурного состояния почвы

Содержание агрегатов 0,25-10 мм, % к массе воздушно-сухой почвы		Оценка
сухое просеивание	мокрое просеивание	
> 80	> 70	отличное
80-60	70-55	хорошее
60-40	55-40	удовлетворительное
40-20	40-20	неудовлетворительное
< 20	< 20	плохое

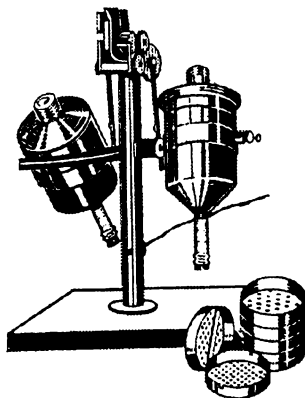


Рис. 1.3. Прибор Бакшеева для агрегатного анализа

1.5.2. Определение микроагрегатного состава почвы методом Н.А. Качинского

Сущность метода заключается в определении содержания агрегатов размером от 1 мм до 0,001 мм методом пипетки, аналогично определению гранулометрического состава. Различия заключаются в подготовке почвы к анализу. При проведении микроагрегатного анализа не применяют химических способов разрушения микроагрегатов.

Подготовка почвы к анализу. Навеску воздушно-сухой почвы (10 г для глин и тяжелых суглинков; 15 г — для средних и 20 г — для легких), растертой пестиком с резиновым наконечником и пропущенной через сито с отверстиями 1 мм, отвешивают на аналитических весах. Почву высыпают в колбу на 500 мл, приливают 250 мл дистиллированной воды и оставляют на сутки. Затем колбу, закрытую пробкой, встряхивают на мешалке с горизонтальными толчками в течение 2 часов. После этого содержимое колбы переносят в литровый цилиндр через сито с отверстиями 0,25 мм и доливают дистиллированной водой до метки. Далее проводят определение и расчет содержания микроагрегатов пыли и ила методом пипетки, как при определении гранулометрического состава.

В засоленных почвах вместо дистиллированной воды в ходе анализа используют водную вытяжку из данной почвы. Ее получают при соотношении почвы и воды 1:25. 40 г почвы, пропущенной через сито в 1 мм, помещают в колбу объемом 1,5 литра, за-

ливают 1000 мл воды и выдерживают 24 часа. После этого встряхивают в течение 5 мин и отфильтровывают.

Результаты определения микроагрегатного состава оформляют по форме, аналогичной оформлению результатов гранулометрического состава (см. 1.4.1)

1.5.3. Оценка структурного состояния почвы по результатам микроагрегатного и гранулометрического анализов

Предложено несколько формул для расчета коэффициентов, характеризующих структурное состояние почв.

Фактор дисперсности по Н.А. Качинскому — K характеризует степень разрушения агрегатов в воде и выражается отношением частиц ($< 0,001$) ила “микроагрегатного” к илу “гранулометрическому”.

$$K = \frac{a}{b} \cdot 100,$$

где a — содержание ила при микроагрегатном анализе (%);
 b — содержание ила при гранулометрическом анализе (%).

Чем выше фактор дисперсности, тем меньше водопрочность микроструктуры.

Фактор структурности K_c , по Фогелеру, характеризует водостойчивость агрегатов. Рассчитывается по формуле:

$$K_c = \frac{b-a}{b} 100$$

Обозначения те же, что и при расчете фактора дисперсности. Степень агрегативности (K_a) по Бейверу и Родесу:

$$K_a = \frac{a-b}{a} 100,$$

где a — количество микроагрегатов $< 0,05$ мм при микроагрегатном анализе (%); b — количество механических элементов $< 0,05$ мм при гранулометрическом анализе (%).

Гранулометрический показатель структурности (P), по А.Ф. Вадюниной, рассчитывается по результатам гранулометрического состава и характеризует потенциальную способность почвы к оструктуриванию. Механические элементы при этом разделяются на активные, обладающие цементирующей способностью, и пассивные. В почвах с пониженным содержанием гумуса (до 2%) активной фракцией является только ил; в почвах с содержанием гу-

муса более 2% — ил и мелкая пыль. Отсюда различия в формулах:
для почв с содержанием гумуса > 2%

$$P = \frac{a+b}{c} \cdot 100,$$

для почв с содержанием гумуса < 2%

$$P = \frac{a}{b+c} \cdot 100,$$

где a — количество ила (%); b — количество мелкой пыли (%); c — количество средней и крупной пыли (%).

1.5.4. Задание 1. Гранулометрический, агрегатный и микроагрегатный составы почв.

По данным, приведенным в таблицах 1.5 и 1.6, выполнить следующие задания.

1. Определить полное название почв по гранулометрическому составу.

1.5. Гранулометрический (числитель) и микроагрегатный (знаменатель) состав почв

Горизонт	Глубина, см	Содержание (%) частиц размером (мм)					
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
Дерново-подзолистая почва							
A ₁	6-20	<u>4,3</u>	<u>12,8</u>	<u>51,4</u>	<u>8,8</u>	<u>8,9</u>	<u>12,4</u>
		9,5	23,8	56,9	5,6	3,5	0,7
A ₂	20-30	<u>4,1</u>	<u>13,9</u>	<u>44,7</u>	<u>10,4</u>	<u>14,6</u>	<u>11,3</u>
		11,2	29,6	46,1	6,3	5,6	1,2
A ₂ B	30-40	<u>1,4</u>	<u>9,4</u>	<u>47,8</u>	<u>15,2</u>	<u>3,0</u>	<u>21,5</u>
		1,2	23,9	56,0	7,6	8,3	3,0
B	60-70	<u>1,5</u>	<u>10,1</u>	<u>40,9</u>	<u>16,6</u>	<u>3,2</u>	<u>27,4</u>
		1,8	15,5	58,8	8,8	10,4	4,7
C	150-160	<u>1,9</u>	<u>10,5</u>	<u>47,9</u>	<u>11,4</u>	<u>3,0</u>	<u>24,2</u>
		2,7	12,8	60,0	9,9	10,8	3,8
Чернозем выщелоченный (целина и пашня)							
A ₁	0-20	<u>0,4</u>	<u>1,5</u>	<u>31,2</u>	<u>11,4</u>	<u>17,3</u>	<u>38,2</u>
		0,4	25,3	51,7	10,2	11,5	0,9
C	150-160	<u>0,3</u>	<u>4,3</u>	<u>22,5</u>	<u>8,3</u>	<u>9,8</u>	<u>37,9</u>
		0,3	11,4	55,1	11,0	21,5	0,7
A _{пах}	0-20	<u>3,3</u>	<u>4,0</u>	<u>30,3</u>	<u>6,6</u>	<u>17,2</u>	<u>35,6</u>
		0,4	26,6	48,8	10,0	8,9	5,3
C	150-160	<u>0,4</u>	<u>0,9</u>	<u>32,2</u>	<u>7,0</u>	<u>9,0</u>	<u>33,8</u>
		0,4	15,4	54,3	10,0	19,3	0,6

1.6. Гранулометрический (числитель) и микроагрегатный (знаменатель) состав почв

Почва	Горизонт	Глубина, см	Содержание (%) частиц размером в (мм)					
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001
Дерново-сильноподзолистая	A _{пах}	0-20	<u>0,4</u>	<u>7,6</u>	<u>47,1</u>	<u>12,9</u>	<u>13,4</u>	<u>18,6</u>
			0,3	21,2	53,0	14,4	6,7	4,4
	A ₂	20-30	<u>0,3</u>	<u>10,4</u>	<u>43,3</u>	<u>10,7</u>	<u>19,4</u>	<u>15,9</u>
			0,5	20,4	48,5	17,9	11,2	1,5
Дерново-слабоподзолистая	A _{пах}	0-20	<u>10,9</u>	<u>15,8</u>	<u>27,5</u>	<u>8,6</u>	<u>19,3</u>	<u>17,9</u>
			13,1	30,2	32,3	11,2	10,8	2,4
	A _{2B}	30-40	<u>10,9</u>	<u>20,1</u>	<u>23,5</u>	<u>14,8</u>	<u>13,6</u>	<u>17,1</u>
			11,2	26,0	31,3	16,6	12,3	2,6
Чернозем слабощелочный	A _{пах}	0-20	<u>3,0</u>	<u>18,2</u>	<u>14,8</u>	<u>9,6</u>	<u>15,4</u>	<u>39,0</u>
			6,3	28,4	39,1	13,2	11,2	1,8
	A	30-40	<u>4,8</u>	<u>17,9</u>	<u>15,0</u>	<u>8,9</u>	<u>14,6</u>	<u>38,8</u>
			6,0	39,7	35,2	5,6	11,9	1,6
Чернозем обыкновенный	A _{пах}	0-20	-	<u>1,9</u>	<u>34,6</u>	<u>10,5</u>	<u>15,7</u>	<u>32,8</u>
				35,5	45,3	9,1	7,6	2,5
Светло-серая лесная сильнооподзоленная	A _{пах}	0-20	<u>0,3</u>	<u>12,7</u>	<u>40,4</u>	<u>10,9</u>	<u>11,9</u>	<u>24,1</u>
			0,4	27,0	50,0	9,0	10,1	3,5
Серая лесная слабооподзоленная	A _{пах}	0-20	<u>2,2</u>	<u>28,4</u>	<u>30,0</u>	<u>11,1</u>	<u>18,5</u>	<u>9,9</u>
			6,0	36,1	37,2	9,7	10,2	0,8

2. Рассчитать фактор дисперсности по Н.А. Качинскому, фактор структурности по Фегелеру, степень агрегативности по Бейеру и Родесу, гранулометрический показатель структурности по А.Ф. Вадюниной.

3. Дать заключение об агроэкологических свойствах почв.

По данным, приведенным в таблицах 1.7 и 1.8, выполнить следующие задания.

1. Сделать оценку структурного состояния по С.И. Долгову и П.У. Бахтину. Рассчитать критерий водопрочности, по формуле Агрофизического института, и коэффициент структурности.

2. Сделать заключение о влиянии выращиваемой культуры и удобрений на агрегатный состав.

1.7. Агрегатный состав $A_{лах}$ дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы опытного поля ТСХА (Н.И. Саввинов, 1931)

Поле	Удобрение	Содержание (%) агрегатов размером (мм)				
		> 10	10-3	3-1	1-0,25	< 0,25
Бес- смен- ный пар	Без удобрений (контроль)	65,9	16,4	8,6	5,4	3,7
	Навоз, 36 т/га	53,7	18,5	12,8	10,0	5,0
	Известь, NPK	75,7	12,9	5,1	3,8	2,5
	NPK	58,6	17,5	11,3	7,8	4,8
Бес- смен- ная рожь	Без удобрений (контроль)	52,8	23,5	14,3	6,8	2,6
	Навоз, 36 т/га	27,4	33,1	21,5	13,1	4,9
	Известь, NPK	30,0	30,2	21,5	13,3	5,0
	NPK	43,6	25,3	17,0	10,7	3,4
Бес- смен- ный клевер	Без удобрений (контроль)	27,1	28,6	20,6	17,1	6,6
	Навоз, 36 т/га	23,6	21,7	20,9	24,1	9,7
	Известь, NPK	19,7	26,7	24,0	22,5	7,1
	NPK	19,2	28,1	25,2	20,7	6,8

1.6. Общие физические и водно-физические свойства почв

1.6.1. Плотность сложения почвы

Плотность почвы — масса сухого вещества почвы в единице ее объема, ненарушенного естественного сложения (объем почвы включает поры). Показатели плотности используются для агрономической и генетической характеристики почв и для пересчета данных по содержанию каких-либо веществ в почве на запасы в определенном слое.

Плотность минеральных почв колеблется от 1,0 до 1,8 г/см³; торфяных — от 0,04 до 0,5 г/см³. Пробы для определения плотности почвы с ненарушенным сложением берут в поле в металлические цилиндры. В лабораторных условиях при проведении модельных и вегетационных опытов часто возникает потребность определения плотности из рассыпного образца с нарушенным сложением.

Определение плотности почвы из рассыпного образца

В предварительно взвешенный на техно-химических весах металлический цилиндр (высотой 10 см и диаметром 5 см) с сетчатым дном, покрытым кружком фильтровальной бумаги, насыпают нерастертую почву. По мере накопления почву уплотняют осторожным постукиванием ладонью руки. Цилиндр с почвой взвешивают и оставляют для определения капиллярной и полной

1.8. Агрегатный состав почв Заволжья (А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, 1973)

Почва	Культура	Глубина, см	Сухое просеивание				Мокрое просеивание			
			содержание (%) агрегатов (мм)							
			> 10	10-1	1-0,25	< 0,25	> 3	3-1	1-0,25	< 0,25
Светло-каштановая	Яровая	0-10	14,5	41,2	30,4	13,9	1,4	3,4	24,9	29,7
	пшеница	30-40	18,6	65,6	11,0	4,8	4,8	25,9	35,7	62,7
	Ячмень	0-10	8,1	45,9	28,5	17,5	0,4	1,3	17,0	18,7
		30-40	37,2	45,6	9,9	7,3	0,5	5,8	33,1	38,6
	Люцерна	0-10	23,6	46,6	17,2	12,6	0,6	1,1	14,1	15,7
		30-40	16,3	69,6	11,0	3,1	1,8	28,7	38,0	68,5
Каштановая	Яровая	0-10	11,0	32,2	30,9	25,9	0,2	0,3	7,5	8,0
	пшеница	30-40	32,9	32,0	19,0	10,2	0,3	6,9	32,2	39,4
	Кукуруза	0-10	21,6	36,1	27,4	17,9	0,8	0,7	7,2	8,7
		30-40	22,6	54,3	13,4	9,7	0,6	8,6	37,5	46,7
	Люцерна	0-10	16,9	38,2	26,3	18,6	0,1	0,4	8,0	8,5
		30-40	43,1	34,5	13,5	8,9	0,4	3,3	43,0	46,7
Темноцветная почва западин	Яровая	0-10	23,6	41,6	25,0	9,8	0,5	2,0	23,6	26,1
	пшеница	30-40	32,1	57,7	8,1	2,1	1,9	17,9	33,8	53,6
	Кукуруза	0-10	14,1	46,8	25,5	13,6	0,6	1,8	13,3	15,7
		30-40	19,6	68,7	9,7	2,0	1,5	28,2	36,1	65,8
	Люцерна	0-10	28,2	50,6	14,6	6,6	1,2	2,2	16,6	42,7
		30-40	10,1	22,1	60,8	7,0	0,4	6,6	35,7	42,7

влагоемкости. Капиллярную и полную влагоемкость определяют так же, как и в почвах с ненарушенным сложением (см 3.4). Вычисляют плотность почвы по формуле:

$$d_v = \frac{m}{V},$$

где d_v — плотность (г/см³); m — масса сухой почвы (г); V — объем цилиндра (см³).

Массу сухой почвы (m_c) находят по формуле:

$$m_c, \% = \frac{m100}{100+W},$$

где m — масса влажной почвы (г); W — гигроскопическая влажность (%).

Объем цилиндра (V , г/см³) находят по формуле:

$$V = \pi r^2 h$$

где π — 3,14; r — радиус цилиндра (см); h — высота цилиндра (см).

1.6.2. Плотность твердой фазы почвы

Плотность твердой фазы — средняя плотность частиц, из которых состоит почва — масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы (другими словами — масса сухого вещества в единице объема при сплошном заполнении этого объема). Плотность твердой фазы почвы всегда выше плотности сложения. Плотность минеральных горизонтов почвы находится в пределах 2,60-2,75 г/см³; гумусовых горизонтов — 2,4-2,6 г/см³; торфяных горизонтов и горизонтов лесных подстилок — 1,4-1,8 г/см³. Показатели плотности твердой фазы используют для вычисления порозности почвы и при определении гранулометрического состава.

Определение плотности твердой фазы почвы пикнометрическим методом

Сущность метода заключается в определении объема твердой фазы почвы путем вытеснения воды из пикнометра взятой навеской почвы.

Пикнометр — мерный сосуд, позволяющий учитывать объем жидкости с повышенной точностью (рис. 1.4). Примером грубого пикнометра может служить простая мерная колба.

Ход анализа. Пикнометр (или мерную колбу) на 100 мл заполняют прокипяченной и охлажденной дистиллированной водой до

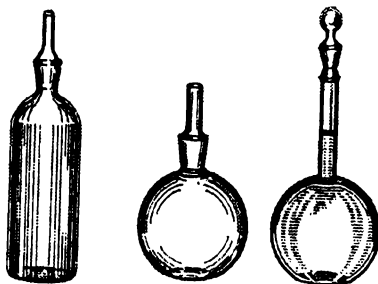


Рис. 1.4. Пикнометры для определения плотности твердой фазы почвы

метки (измеряют температуру воды) и взвешивают на аналитических весах. Затем выливают примерно 60% объема воды из пикнометра и высыпают с кальки навеску воздушно-сухой почвы (9–10 г), предварительно растертой и пропущенной через сито в 1 мм.

Воду с почвой в пикнометре кипятят 30 мин для удаления воздуха, доливая дистиллированной водой по мере выкипания до половины объема.

После кипячения пикнометр с содержимым охлаждают до комнатной температуры и доливают прокипяченной и охлажденной водой до метки (температура пикнометра с водой и почвой должна быть одинаковой с исходной температурой пикнометра с водой). Пикнометр с водой и почвой взвешивают на аналитических весах.

Плотность твердой фазы почвы вычисляют по формуле:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{(m_1 + m) - m_2},$$

где d — плотность твердой фазы почвы ($\text{г}/\text{см}^3$); m — навеска сухой почвы (г); m_1 — масса пикнометра с водой (г); m_2 — масса пикнометра с водой и почвой (г); V — объем твердой фазы почвы (см^3).

Форма записи результатов:

Горизонт, глубина, см	Гигроскопическая влажность, %	Масса сухой почвы, г	Масса пикнометра с водой, г	Масса пикнометра с водой и почвой, г	$d, \text{г}/\text{см}^3$
-----------------------	-------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------------------	---------------------------

1.6.3. Порозность почвы

Порозность почвы (синонимы: пористость, скважность) — это суммарный объем пор между твердыми частицами, занятый водой и воздухом. Различают общую порозность, капиллярную (внутриагрегатную) и некапиллярную (межагрегатную). Капиллярные поры при влажности, соответствующей ППВ, полностью заняты водой. Некапиллярные (крупные поры) обычно заняты воздухом (порозность аэрации). Общая порозность соответствует полной влагоемкости. Последняя всегда несколько меньше (на 2-7%), поскольку всегда остается заземленный в порах воздух.

Общую порозность ($P_{общ}$, % от объема) можно вычислить по показателям плотности почвы (d_v) и плотности твердой фазы (d):

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

Порозность аэрации вычисляют на основании данных общей порозности, полевой влажности и плотности почвы. Вначале вычисляют объем пор, занятых водой (P_w , % от объема почвы)

$$P_w = d_v \cdot W,$$

где d_v — плотность почвы (г/см^3); W — влажность почвы (% к массе сухой почвы).

Порозность аэрации ($P_{аэр}$) в объемных %:

$$P_{аэр} = P_{общ} - P_w$$

1.6.4. Агроэкологическая оценка плотности и порозности почвы

В табл. 1.9 и 1.10 представлены шкалы оценки плотности и порозности почвы по Н.А. Качинскому.

Пахотные песчаные почвы имеют плотность 1,3-1,5 г/см^3 ; окультуренные песчаные почвы — 1,2-1,3 г/см^3 .

1.9. Оценка плотности суглинистых и глинистых почв

Плотность, г/см^3	Качественная оценка
< 1	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0-1,1	Типичные величины для культурной свежеспаханной почвы
1,2	Пашня уплотнена
1,3-1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4-1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов
1,6-1,8	Сильноуплотненные иллювиальные горизонты почв

1.10. Оценка общей порозности глинистых и суглинистых почв

Общая порозность, %	Качественная оценка
> 70	Избыточно пористая. Почва вспушена
55-65	Отличная. Культурный пахотный слой
50-55	Удовлетворительная для пахотного слоя
< 50	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40-25	Чрезмерно низкая. Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов.

Порозность аэрации должна составлять не менее 15-20% от объема почвы в минеральных почвах и 30-40% в торфяных.

Порозность культурной песчаной почвы 45-50%. Поры, занятые водой, должны составлять не менее 20-25% общей порозности.

1.6.5. Расчеты запасов воды в почве

Запасы воды в определенном слое почв рассчитываются по формуле:

$$ЗВ = W \cdot d_v \cdot h,$$

где $ЗВ$ — запасы воды ($\text{м}^3/\text{га}$) в слое; W — влажность почвы (% к массе); d_v — плотность почвы ($\text{г}/\text{см}^3$); h — мощность слоя, для которого рассчитываются запасы воды (см).

Для пересчета в мм водного столба необходимо $ЗВ \text{ м}^3/\text{га}$ умножить на 0,1.

Аналогичным образом рассчитывают запасы влаги, соответствующие влажности завядания ($ВЗ$), предельной полевой влагосмкости ($ППВ$), полной влагоемкости ($ПВ$) и др.

Для выражения влажности в объемных % необходимо влажность, выраженную в % к массе умножить на плотность почвы.

Диапазон активной влаги рассчитывается по разности между $ППВ$ и $ВЗ$; дефицит запаса почвенной влаги — по разности между $ППВ$ и фактической (полевой) влажностью. Запас оптимальной для растений влаги определяют по разности между $ППВ$ и $0,7 \text{ ППВ}$. Влажность почвы, соответствующую $0,7 \text{ ППВ}$, принято называть влажностью замедления роста растений. Она примерно равна влажности разрыва капилляров ($ВРК$). В период вегетации растений необходимо поддерживать влажность не ниже $0,7 \text{ ППВ}$ и не выше $ППВ$.

Поливная норма равна дефициту запаса почвенной влаги. Максимальная водоотдача находится по разности между $ПВ$ и $ППВ$. Необходимо помнить, что при расчете влажности в почво-

ведении принято за 100% принимать влажность сухой почвы (высушенной при 105°C).

1.6.6. Задание 2. Общие физические и водно-физические свойства почв.

По данным, приведенным в таблице 1.11, рассчитать и оценить следующие показатели.

1. Общую порозность (% к объему).
2. Порозность аэрации (% к объему).
3. Влажность завядания (% к объему и массе).
4. Максимальную водоотдачу (% к объему и массе).
5. Запасы продуктивной влаги (m^3 , мм).
6. Запасы труднодоступной влаги (m^3 , мм).
7. Оптимальную поливную норму (m^3).
8. Определить название почвы по гранулометрическому составу.
9. Диапазон активной влаги (%).
10. Дефицит запаса почвенной влаги.
11. Влажность замедления роста растений (% , мм).

Решить задачи:

1. Найти массу твердой фазы торфа, если влажность торфа 1200%, а масса его во влажном состоянии 100 г.
2. Определить массу сухой почвы, если во влажном состоянии ее масса 37 г, а влажность почвы 25%.

1.11. Водно-физические свойства пахотного слоя почв

№	Мощность $A_{пвх}$, см	МГ, %	d_v , г/см ³	d_s , г/см ³	ПВ	ППВ	Полевая влажность, % к массе почвы	Содержание частиц <0,01, %
					объемные %			
1	0-25	1,3	1,50	2,60	40,3	20,2	10,1	8,4
2	0-27	1,9	1,41	2,61	49,7	20,5	17,1	12,7
3	0-27	3,5	1,23	2,62	50,3	28,2	21,1	24,5
4	0-24	4,3	1,31	2,61	44,2	26,1	11,2	25,1
5	0-24	5,2	1,42	2,60	42,1	31,4	13,4	31,6
6	0-25	5,7	1,32	2,60	43,4	34,0	21,7	34,7
7	0-29	7,6	1,11	2,53	49,1	38,4	22,4	47,3
8	0-25	9,7	1,01	2,42	53,0	43,1	25,0	56,3
9	0-26	1,2	1,41	2,61	38,5	24,0	6,7	15,7
10	0-29	2,2	1,32	2,62	45,7	24,3	10,1	17,4
11	0-30	5,9	1,23	2,61	50,1	30,1	13,4	34,5
12	0-25	11,2	1,02	2,43	52,8	43,0	24,5	59,0
13	0-21	5,0	1,31	2,60	45,0	30,1	20,2	33,3
14	0-20	9,3	1,41	2,60	43,7	37,2	19,5	51,5
15	0-25	12,0	1,03	2,51	55,0	43,0	20,9	69,0

3. Найти влажность почвы, если масса влажной почвы 29 г, а масса сухой почвы 21 г.
4. Найти массу воды в почве, если ее влажность 25%, а масса сухой почвы 50 г.
5. Найти влажность торфа, если масса твердой фазы торфа 15 г, а масса поглощенной воды 30 г.
6. Найти влажность почвы в объемных %, если влажность ее в % к массе равна 25%.

2. Химический анализ почвы

2.1. Методы химического анализа.

В лабораторной практике химического анализа почв используют классические химические методы и инструментальные. Система классических методов, используемых в анализе почв, приведена в табл. 2.1. Классические методы позволяют получить наиболее точные результаты анализа. Относительная погрешность их составляет 0,1-0,2%. Погрешность инструментальных анализов значительно выше — 2-5%. Среди инструментальных методов в анализе почв преобладают спектрофотометрические (табл. 2.2) и электрохимические (табл. 2.3).

При крупномасштабных почвенных исследованиях для различных типов почв рекомендуются следующие виды анализов, получившие название массовых.

В почвах с кислой реакцией среды (подзолистые, серые лесные, бурые лесные и др.) определяют гигроскопическую воду; гранулометрический состав по Качинскому или с подготовкой почвы методом растирания с раствором пирофосфата натрия; гумус по Тюрину в модификации Симакова; валовое содержание азота по Кьельдалю; рН водной и солевой суспензии потенциометрически; поглощенные основания (Ca^{2+} , Mg^{2+}) по Шеленбергу с трилоном Б или по Каппену-Гильковицу, гидролитическую кислотность по Каппену; обменную кислотность по Соколову; подвижные формы фосфора по Кирсанову; обменный калий по Масловой.

В почвах с нейтральной реакцией среды (черноземы лесостепной зоны, дерново-карбонатные, дерново-литогенные, дерново-глеевые и др.) дополнительно в нижних горизонтах определяют CO_2 карбонатов методом Козловского или по Гейслеру-Максимюк, а подвижные формы фосфора определяют по Чирикову или Труогу.

2.1. Классические химические методы анализа (Л.А. Воробьева, 1998)

Методы	Принцип метода или тип химической реакции	Определяемые в почве компоненты
Гравиметрические	Измерение массы компонента, выделенного осаждением или отгонкой	Si, R ₂ O ₃ , Ca, Mg, P, SO ₄ ²⁻ , CaCO ₃ по CO ₂ , C по CO ₂ , N, гигроскопическая влага, потеря от прокаливания.
Титриметрические	Измерение объема или массы реагента, взаимодействующего с определяемым компонентом	
Кислотно-основное титрование	$H_3O^+ + OH^- = 2H_2O$, [ацидиметрия (H ₃ O ⁺) и алкалиметрия (OH ⁻)]	Гидролитическая и обменная кислотность, общая и др. виды щелочности, обменный алюминий и водород, сумма обменных оснований, CaCO ₃ , N.
Окислительно-восстановительное титрование	$aOx_1 + bRed_2 = aRed_1 + bOx_2$	Окисляемость, углерод органических соединений, Fe
Комплексометрическое титрование	$M + L = ML$ 1. Меркуриметрия [титрант — Hg(NO ₃) ₂] 2. Комплексонометрия [титрант — ЭДТА]	Cl ⁻ Al, Fe, Ca, Mg, SO ₄ ²⁻
Осадительное титрование	1. Аргентометрия [титрант — AgNO ₃] 2. Меркурометрия [титрант — Hg ₂ (NO ₃) ₂] 3. Титрант — BaCl ₂	Cl ⁻ Cl ⁻ SO ₄ ²⁻

2.2. Спектроскопические методы (Л.А. Воробьева, 1998)

Название метода	Способ атомизации	Источник излучения	Способ введения пробы :	Определяемые в почве химические элементы
Методы атомной спектроскопии				
Эмиссионные методы				
Атомная эмиссионная спектроскопия	Электрические дуга или искра	Дуга или искра	Анализируемое вещество помещают в полость электрода	B, F, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Sn, Ba, Pb
Эмиссионная фотометрия пламени	Пламя	Пламя	Анализируемый раствор распыляют в пламени	Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Mg
Атомно-флуоресцентная спектроскопия	Пламя или плазма	Разрядная лампа или лазер	Анализируемый раствор распыляют в пламени или плазме	
Спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой	Электрогенерированная плазма в газе-носителе (индуктивно-связанная плазма — ИСП)	ИСП	Анализируемый раствор распыляют в виде аэрозоля в газ-носитель	Al, As, B, Ba, Be, C, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, K, Mg, Mn, Mo, N, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, Y, Zn
Рентгено-флуоресцентная спектроскопия	Не требуется	Рентгеновская трубка	Анализируемое вещество помещают на пути рентгеновских лучей	Si, Fe, Mn, Ti, Ca, K, S, P, Al, Mg, Na, Cr, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr
Абсорбционные методы				
Атомно-абсорбционная пламенная спектроскопия	Пламя	Лампа с полым катодом	Анализируемый раствор распыляют в пламени	Li, Be, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Pb, Rb, Sr, Cd, Ba, Hg, B, P, Sn, Zr, Sc, Cs, Mo, Sb
Атомно-абсорбционная непламенная спектроскопия	Нагретая поверхность	То же	Анализируемый раствор помещают на нагретую поверхность	

Продолжение таблицы 2.2.

Название метода	Способ атомизации	Источник излучения	Способ введения пробы	Определяемые в почве химические элементы
Рентгено-абсорбционная спектроскопия	Не требуется	Рентгеновская трубка	Анализируемое вещество помещают в поток излучения	
Методы молекулярной спектроскопии				
Абсорбционные методы				
Спектрофотометрия	Не требуется	Лампы накаливания с вольфрамовой нитью, дейтериевая или галогенокварцевая	Определяемый компонент переводят в поглощающее свет соединение и помещают на пути излучения	B, C, N, F, Mg, Al, Si, P, Cl, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Se, Mo, I, Hg, Pb
Нефелометрия и турбидиметрия	То же		Определяемый компонент переводят в малорастворимое соединение и в виде взвеси помещают на пути излучения	SO ₄ ²⁻

В карбонатных почвах определяют: емкость катионного обмена (ЕКО) по Бобко и Аскинази; поглощенный натрий по Гедройцу или вытеснением уксусно-кислым аммонием (если предполагают солонцеватость); CO₂ карбонатов по всему профилю; сокращенную водную вытяжку (если предполагают засоленность); гранулометрический состав с подготовкой пирофосфатом натрия; подвижный фосфор по Мачигину; обменный калий по Гусейнову или Протасову.

В засоленных почвах дополнительно к анализам, рекомендуемым для карбонатных почв, определяют солевой состав водной вытяжки и гипс.

В торфяных почвах и торфяных горизонтах определяют гигроскопическую воду; pH водной и солевой суспензии, гидролитическую кислотность, обменную кислотность по Соколову, потерю от прокаливания и в золе определяют CaO, K₂O, P₂O₅, ботанический состав и степень разложения торфа.

2.3. Электрохимические методы анализа (Л.А. Воробьева, 1998)

Метод	Измеряемый параметр	Условия измерения	Определяемые в почве компоненты
Потенциометрия (ионометрия)	Потенциал (E), В	$I = 0$	H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , F^- , SO_4^{2-} , B , Cu^{2+} , Br^- , I^- , S^{2-}
Вольтамперометрические методы, включающие все современные разновидности полярографии	Ток (I), мкА	$I = f(E_{налож})$	H^+ , B , NO_3^- , NO_2^- , Na , Mg , Al , P , S^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , K , Ca , Ti , V , Cr , Mn , Fe , Co , Ni , Cu , Zn , Sc , Br , Mo , Cd , I , Pb
Амперометрическое титрование	То же	$E = const$	Mg , Ca , V , Cr , Mn
Кулонометрия	Количество электричества (Q), Кл	$I = const$ или $E = const$	Cl^- , As , C
Кондуктометрия	Удельная электропроводность (χ), $См \cdot м^{-1}$		Солесодержание, SO_4^{2-}

В почвенно-агрохимических лабораториях для контроля за качеством анализов проводят контрольное определение 5-10% проб по всем видам анализов. В научных исследованиях все анализы выполняют в 3-кратной повторности, а в ряде случаев — в 5-10-кратной с математической обработкой результатов анализов. Для наиболее распространенных видов анализов допускаются следующие расхождения между результатами параллельных определений:

- гумус по Тюрину в модификации Симакова — 10%;
- гидролитическая кислотность по Каппену — 10%;
- P_2O_5 фотоэлектроколориметрически — 10-20%;
- K_2O на пламенном фотометре — 10-15%;
- поглощенные Ca , Mg , Na объемным методом — 10%;
- емкость катионного обмена — 10%;
- гипс в водной и соляно-кислой вытяжках — 10%.

2.1.1. Единицы измерения уровней показателей.

В почвоведении и агрохимии в качестве основных единиц уровней показателей чаще всего используют единицы массы и единицы количества вещества.

В 1960 г. 11-я Генеральная конференция по мерам и весам приняла Международную систему единиц — СИ (Système International d'Unités — SI).

В СИ основной единицей массы является килограмм, грамм и миллиграмм — дольные единицы килограмма. В почвоведении часто используют единицы, характеризующие массовую долю какого-либо вещества или элемента в почве. Под массовой долей понимается отношение массы компонента, содержащегося в системе, к общей массе этой системы. Массовую долю выражают в % (сотая доля, %), промиллях (тысячная доля, ‰), миллионных долях (млн^{-1} , в англоязычной литературе — ppm — parts per million). Единицы ppm широко используются для оценки малых концентраций веществ в иностранной литературе.

Для оценки эквивалентных соотношений между реагирующими или содержащимися в почвах компонентами используют не единицы массы, а единицы количества вещества. Основной единицей количества вещества в СИ является моль (mol), дольные единицы — децимоль (дмоль, dmol), сантимоль (смоль, smol), миллимоль (ммоль, mmol) и микромоль (мкмоль, μmol). Перечисленные дольные единицы соответствуют 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-6} доле моля.

В соответствии с СИ моль — единица количества вещества, состоящая из стольких структурных элементов, сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода — (^{12}C), а именно — $6,022 \cdot 10^{23}$. Эквивалентом называют реальную или условную частицу, которая может быть эквивалентна одному иону водорода в кислотно-основных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях. Единицей количества вещества эквивалента также является моль.

Молярная масса вещества (M) рассматривается как масса, отнесенная к количеству вещества. Единицей молярной массы в СИ является $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$, или кг/моль (г/моль , г/смоль , г/ммоль). Например, молярная масса $\text{Ca}^{2+} = 40,08 \text{ г/моль}$ ($0,040 \text{ г/ммоль}$), молярная масса CaCl_2 составляет $110,99 \text{ г/моль}$ ($0,111 \text{ г/ммоль}$).

Для пересчета количества вещества в исследуемой системе в его массу число молей вещества необходимо умножить на величину его молярной массы. Например, 1 кг почвы содержит 5 ммоль CaCl_2 , что равно $0,555 \text{ г CaCl}_2$ в 1 кг почвы.

Молярная концентрация вещества рассматривается как число молей вещества, деленное на объем раствора, и выражается в моль/л (или моль $\cdot \text{л}^{-1}$).

Емкость катионного обмена, гидролитическую кислотность, сумму обменных оснований в системе СИ выражают в ммоль (+)/100 г почвы. Необходимо помнить, что ммоль — эквивалент

(система СИ) численно равен миллиграмм — эквиваленту (прежняя и используемая в настоящее время в России система).

Для оценки удельной электрической проводимости почвенных растворов в системе СИ используется единица сименс на метр (См/м, дСм/м, мСм/см, $S \cdot m^{-1}$, $dS \cdot m^{-1}$, $mS \cdot cm^{-1}$).

В настоящем пособии параллельно используются единицы измерения прежней системы, применяемые в настоящее время в почвенно-агрохимических лабораториях, и единицы системы СИ. Когда используются единицы СИ, следует пояснение (в СИ).

2.1.2. Способы выражения результатов анализов

В почвоведении принято результаты и вычисления всех химических анализов выражать в пересчете на сухую почву, высушенную при $105^{\circ}C$. Часто в литературе используется термин “абсолютно-сухая” наряду с термином “сухая”. Называть высушенную почву при $105^{\circ}C$ абсолютно сухой не совсем правильно, поскольку в ней содержится некоторое количество воды, выделяемой при более высокой температуре.

При пересчетах следует помнить, что в почвоведении при вычислении массовой доли воды (влажности) за 100% принимают массу высушенной при $105^{\circ}C$, а не воздушно-сухой почвы.

Коэффициент пересчета результатов анализа на сухую навеску (почву) рассчитывается по формуле:

$$K_w = \frac{100+W}{100}, \text{ или } \frac{100}{100-W},$$

где W — влажность (массовая доля влаги) воздушно-сухой почвы (%).

Массу сухой почвы (навески) можно найти по формуле:

$$m_c = m_{nc} \frac{100-W}{100}, \text{ или } m_{nc} \frac{100}{100+W},$$

где m_c — масса сухой навески (г); m_{nc} — масса воздушно-сухой навески (г); W — массовая доля влаги (%).

В научной литературе часто используют пересчеты на прокаленную (при $750-800^{\circ}C$), безгумусную и бескарбонатную навеску.

Коэффициенты пересчета результатов анализа на прокаленную, безгумусную и бескарбонатную навески рассчитывают аналогично:

$$K_m = \frac{100}{100-mn}, \quad K_{\text{гум}} = \frac{100}{100-\text{гум}}, \quad K_{Ca} = \frac{100}{100-Ca},$$

где m — потеря от прокаливания; $g_{\text{гум}}$ — массовая доля гумуса; Ca — массовая доля карбонатов, выраженная в % на сухую почву.

В аналитической практике в случае применения растворов для титрования с молярной концентрацией эквивалентов веществ, отличающихся от стандартных растворов (когда растворы приготовлены не из фиксаналов), при расчетах результатов анализов используются или фактические молярные концентрации эквивалентов веществ (H), или вводятся поправки к титру (K), которые рассчитываются по формуле:

$$K = \frac{H_{\phi}}{H_{\text{ст}}},$$

где K — поправка к титру; H_{ϕ} — фактическая молярная концентрация эквивалентов вещества (ммоль/мл); $H_{\text{ст}}$ — стандартная молярная концентрация эквивалентов вещества (ммоль/мл).

В таблицах 2.4. и 2.5 приведены рекомендации для приготовления наиболее часто встречаемых растворов с разной концентрацией.

2.2. Валовой состав минеральной части почв

В большинстве типов почв в валовом составе преобладают оксиды кремния (SiO_2). Содержание их в среднем составляет 60-80%, с колебаниями от 30 в ферраллитных почвах тропиков до 97% в песчаных почвах. На долю полуторных оксидов (R_2O_3), основную часть которых составляют Fe_2O_3 и Al_2O_3 , приходится в среднем 15-20%, с колебаниями от 1-2% в песчаных почвах до 50% и более в ферраллитных почвах тропиков. Валовое содержание оксидов кальция, магния, калия и натрия в сумме составляет 5-6%, с колебаниями от 1% в песчаных до 20% и более в засоленных и карбонатных почвах. Содержание остальных оксидов (TiO_2 , P_2O_5 , SO_3 и др.) в сумме составляет около 1%.

Методы определения валового состава. Основная масса химических элементов находится в кристаллической решетке первичных и вторичных минералов. Чтобы определить их содержание классическими методами и большинством инструментальных (табл. 2.1-2.3), необходимо перевести определяемые элементы в раствор. Для этого проводят сплавление почвы при температуре 700-900°C в муфельной печи. Поскольку температура плавления большей части минералов составляет 1200-1800°C, то для ее сни-

2.4. Объем (мл для H₂SO₄ и HCl) или масса (г для остальных веществ) вещества для приготовления 1 л растворов с разной концентрацией (по Аринушкиной, 1970)

Исходное вещество			Молярная концентрация эквивалентов						
Формула	Молярная масса, г/моль		1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
	вещества	эквивалента							
H ₂ SO ₄ (1,84)	98,08	49,04	28	14	5,6	2,8	1,4	0,56	0,28
HCl (1,19)	36,46	36,46	82	41	16,4	8,2	4,1	1,64	0,82
KMnO ₄ в кислой среде	158,03	31,61	-	-	-	3,16	1,58	0,63	0,32
NaOH	40,00	40,00	40,00	20,00	8,00	4,00	2,00	0,80	0,40
AgNO ₃	169,89	169,89	-	-	-	17,00	8,50	3,40	1,70
FeSO ₄ · (NH ₄) ₂ SO ₄ · 6H ₂ O (соль Мора)	392,16	392,16	-	-	78,40	39,20	19,60	7,84	3,92
K ₂ Cr ₂ O ₇	294,22	49,04	-	-	9,81	4,90	2,45	0,98	0,49
Комплексон III (ЭДТА)	372,25	372,25	-	-	-	37,22	18,61	7,44	3,72

2.5. Объемы кислот и аммиака (мл), необходимые для приготовления 1 л растворов с разной массовой концентрацией (по Аринушкиной, 1970)

Исходное вещество			Массовая концентрация, %					
Формула	Плотность при 15°C, г/см ³	Концентрация, %	25	20	10	5	2	1
HCl	1,19	37,23	634,8	496,8	236,4	115,2	45,5	22,6
H ₂ SO ₄	1,84	95,6	167,7	129,9	60,6	29,3	11,5	5,6
HNO ₃	1,40	65,6	313,0	243,6	115,0	56,0	22,0	10,8
CH ₃ COOH	1,05	99,5	247,8	196,7	97,1	48,2	19,2	9,0
NH ₄ OH	0,91	25,0	1000	814,0	422,0	215,4	87,2	43,7

жения при сплавлении в почву добавляют углекислые и сернокислые соли K и Na. Образующиеся щелочные соли кремниевой кислоты растворяют в HCl и затем определяют элементы классическими методами или инструментальными (табл. 2.1-2.3).

2.2.1. Задание 3. Валовой химический состав почв

Валовой состав минеральной части почв принято выражать в виде процентного содержания оксидов на сухую, прокаленную, безгумусную и бескарбонатную навески. Пересчеты на безгумусную, бескарбонатную и прокаленную почву необходимы для суждения о перераспределении элементов в профиле почв под воздействием почвообразовательного процесса. В таблице 2.6 представлен валовой состав пахотного слоя контрастных типов почв.

На основе этих данных необходимо выполнить следующие работы.

1. Пересчитать содержание оксидов в элементы, пользуясь таблицей 2.7.
2. Построить круговую диаграмму содержания оксидов химических элементов.
3. Описать различия валового химического состава суглинистых и песчаных почв: дерново-подзолистых, черноземных на породах сиаллитного состава и фульватно-ферраллитных тропических почв, сформировавшихся на аллитной коре выветривания.
4. Сделать выводы о потенциальном плодородии почв.

2.6. Валовой химический состав пахотного слоя почв (% к сухой почве)

Гумус	Азот	Химически связанная вода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ карбонатов
Дерново-подзолистая суглинистая												
4,3	0,20	4,5	70,2	12,1	4,1	0,8	1,1	2,7	1,1	0,1	0,02	нет
Дерново-подзолистая песчаная												
1,5	0,07	0,2	95,1	2,1	1,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	0,01	нет
Чернозем типичный тяжелосуглинистый карбонатный												
8,1	0,41	4,0	62,0	13,1	5,1	2,5	1,5	2,2	1,4	0,2	0,1	5,0
Фульватно-ферраллитная среднесуглинистая												
2,4	0,11	5,1	40,3	27,4	22,0	0,7	1,3	0,9	0,6	0,1	0,04	нет

2.7. Коэффициенты пересчета

Азот				
4,427	NO ₃	N		0,226
1,216	NH ₃	N		0,822
3,819	NH ₄ Cl	N		0,262
Алюминий				
1,890	Al ₂ O ₃	Al		0,529
Железо				
1,430	Fe ₂ O ₃	Fe		0,699
Калий				
1,205	K ₂ O	K		0,830
1,907	KCl	K		0,524
Кальций				
1,399	CaO	Ca		0,715
2,497	CaCO ₃	Ca		0,400
4,296	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Ca		0,233
Кремний				
2,140	SiO ₂	Si		0,467
Магний				
1,658	MgO	Mg		0,603
Марганец				
1,291	MnO	Mn		0,774
1,583	MnO ₂	Mn		0,632
Натрий				
1,348	Na ₂ O	Na		0,742
Сера				
2,497	SO ₃	S		0,400
7,281	BaSO ₄	S		0,137
Титан				
1,668	TiO ₂	Ti		0,599
Углерод				
3,664	CO ₂	C		0,273
Фосфор				
2,291	P ₂ O ₅	P		0,436
Углерод				
1,724	Гумус	C		0,58

2.3. Органическое вещество почв

- В составе органического вещества почв выделяют три группы:
- неразложившиеся растительные остатки и органические вещества животного происхождения;
 - промежуточные продукты разложения;
 - собственно гумусовые вещества специфической природы.

Две крайние группы резко различаются по свойствам и значимости в процессах почвообразования и питания растений. Вторая группа занимает промежуточное положение и, так как ее трудно отделить от третьей, входящие в нее вещества по существующим методикам определяются вместе с гумусом и включаются в понятие “гумус”. Таким образом, это содержание смеси органических веществ, в составе которых количественно преобладают собственно гумусовые вещества.

Собственно гумусовые вещества в основном связаны с минеральной частью почвы и характеризуются определенной устойчивостью к микробиологическому разложению, что подтверждается данными об их возрасте (сотни и даже тысячи лет).

Источники гумуса, а также промежуточные продукты их разложения и новообразованные гумусовые вещества имеют высокую скорость трансформации. Период их практически полного обновления измеряется десятками лет, а иногда годами. Именно эти вещества обуславливают значительную биологическую активность почв, участвуют в формировании их структуры и в питании растений. Так как скорости трансформации свежих органических веществ и продуктов их разложения (детрита) близки, обе эти группы можно отнести к лабильным (легкоразлагаемым) формам органических веществ почв (ЛОВ). Большая роль ЛОВ в эффективном плодородии почв хорошо подтверждается эффективным действием — последствием органических удобрений и пласта многолетних трав.

Классический метод определения гумуса почвы разработан русским ученым Г.Г. Густавсоном. Этот метод основан на сухом сжигании гумуса до углекислого газа при прокаливании почвы. CO_2 сорбируют, взвешивают и по его количеству вычисляют содержание гумуса.

Для определения гумуса минеральных почв применяют метод Кнопа-Сабанина и метод Тюрина, основанные на сжигании органического вещества “мокрым” способом. Для вычисления количества органического вещества в торфяных почвах определяют потерю при прокаливании.

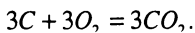
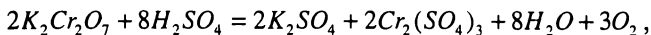
При подготовке почв к анализу для определения гумуса и азота традиционными методами, в том числе по методу Тюрина, предусмотрен тщательный отбор корней и растительных остатков визуально, пользуясь лупой и пинцетом, и наэлектризованной эбонитовой или стеклянной палочкой. При этом из поля зрения исследователя уходит (в прямом смысле) значительная часть легкоразлагаемого органического вещества, обогащенного элементами питания и азотом. В последние годы разработан метод определения легкоразлагаемых органических веществ, основанный на их отделении от минеральной части почвы и собственно гумусовых веществ тяжелой жидкостью (Ганжара Н.Ф., 1986; Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., 1997).

Если наряду с содержанием общего гумуса предусмотрено определение ЛОВ, корни растений, органические остатки при определении гумуса не отбираются. Они определяются в отдельной навеске в составе ЛОВ.

2.3.1. Определение углерода гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова

Метод основан на окислении углерода гумусовых веществ до CO_2 0,4 н. раствором двуххромовокислого калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), приготовленного на серной кислоте, разведенной в воде в объемном отношении 1:1. Остаток хромовой смеси, не пошедший на окисление углерода, оттитровывают солью Мора. По количеству хромовой смеси, израсходованной на окисление органического углерода, судят о его количестве.

Реакция окисления протекает по следующим уравнениям:



Для почв, содержащих свыше 0,6% хлоридов, закисных соединений железа и марганца, метод непригоден, так как часть хромовой смеси расходуется на окисление этих соединений, что искажает результаты анализа. Метод неприменим также при содержании гумуса свыше 15%, так как при этом не достигается полноты окисления. Для таких почв следует применять метод Кнопа-Сабанина. Карбонаты в почвах не мешают определению органического углерода.

Ход анализа. 1. Из подготовленной для определения гумуса и азота почвы берут навеску на аналитических или торзионных весах, масса которой зависит от содержания гумуса в анализируе-

мой почве: при содержании гумуса больше 7% — 0,1 г; 4-7% — 0,2 г; 2-4% — 0,3 г; <2% — 0,5 г.

2. Навеску почвы высыпают осторожно, не распыляя, в коническую колбу на 100 мл. В колбу из бюретки приливают 10 мл хромовой смеси (при содержании гумуса > 10% — 15 мл) и содержимое осторожно перемешивают круговым движением.

3. В колбу вставляют маленькую воронку, которая служит обратным холодильником, ставят колбу на асбестовую сетку или этернитовую плитку, затем содержимое колбы доводят до кипения и кипятят ровно 5 мин. с момента появления крупных пузырьков CO_2 . Бурного кипения не допускают, так как это приводит к искажению результатов из-за возможного разложения хромовой смеси.

4. Колбу остужают, воронку и стенки колбы обмывают из промывалки дистиллированной водой, доводя объем до 30-40 мл. Добавляют 4-5 капель 0,2%-ного раствора фенилантраниловой кислоты и титруют 0,1 н. или 0,2 н. раствором соли Мора. Конец титрования определяют переходом вишнево-фиолетовой окраски в зеленую.

5. Проводят холостое определение, вместо навески почвы используя прокаленную почву или пемзу (0,1-0,3 г).

6. Содержание органического углерода вычисляют по формуле:

$$C = \frac{100(V_1 - V_2)K_M 0,0003K_w}{m},$$

где C — содержание органического углерода, % к массе сухой почвы; V_1 — количество соли Мора, пошедшее на холостое титрование (мл); V_2 — количество соли Мора, пошедшее на титрование остатка хромовокислого калия (мл); K_M — поправка к титру соли Мора; 0,0003 — количество органического углерода, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора соли Мора, г. При использовании 0,2 н. раствора соли Мора количество органического углерода, соответствующее 1 мл соли Мора, равно 0,0006 г; K_w — коэффициент пересчета на сухую почву; m — навеска воздушно-сухой почвы, г.

7. Вычисляют процентное содержание гумуса из расчета, что в его составе содержится в среднем 58% органического углерода (1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса).

$$\text{Гумус}(\%) = C(\%) \cdot 1,724.$$

Реактивы: 1) 0,4 н. раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в разбавленной H_2SO_4 (1:1); 2) 0,1 н. или 0,2 н. раствор соли Мора. 3) 0,2%-ный раствор фенилантраниловой кислоты.

2.3.2. Определение углерода гумуса в почве по методу Б.А. Никитина

Метод основан на окислении органического углерода хромовой смесью в сильноокислой среде при нагревании до 150°C в сушильном шкафу. Углерод определяют по оптической плотности, измеренной при 590 нм. Калибровочный график строится по стандартному раствору глюкозы.

Ход анализа. На аналитических или торзионных весах берут навеску почвы 0,1-0,5 г (в зависимости от содержания гумуса) в конические колбы на 100 мл. Приливают из бюретки 20 мл хромовой смеси, осторожно перемешивают круговым вращением и закрывают воронкой. Колбы ставят на 20 мин в сушильный шкаф, предварительно нагретый до 150°C, на расстоянии не менее 3-4 см от стенок для обеспечения равномерного нагрева. Затем колбы вынимают из шкафа, охлаждают. Раствор над осадком сливают в пробирки и оставляют на сутки. Затем растворы колориметрируют в кюветах на 5 мл при длине волны 590 нм. Для сравнения, в качестве оптического нуля, используется раствор “холостой пробы” — в шкаф одновременно с опытными колбами ставят две колбы с 20 мл хромовой смеси.

Содержание углерода находят по калибровочному графику.

Построение калибровочного графика. 2,5022 г глюкозы или 2,3771 г сахарозы растворяют в 1 л дистиллированной воды. В 1 мл такого раствора содержится 1 мг углерода. В 5 колб на 100 мл приливают последовательно 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 мл раствора глюкозы или сахарозы. Выпаривают досуха на водяной бане, приливают 20 мл хромовой смеси. Одновременно готовят “холостую пробу”. Все колбы помещают в сушильный шкаф на 20 мин при температуре 150°. После окисления охлаждают и разбавляют водой до 50 мл и через сутки колориметрируют в кюветах на 5 мл при длине волны 590 нм. По оси абсцисс откладывают показатели оптической плотности, по оси ординат — содержание углерода.

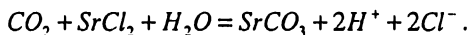
Содержание углерода рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{a}{m} 100,$$

где C — содержание углерода, % к массе сухой почвы; a — содержание углерода, найденное по графику, мг; m — навеска сухой почвы, г.

2.3.3. Определение углерода гумуса на экспресс-анализаторе АН 7529.

Экспресс-анализатор АН 7529 разработан для определения углерода в сырье металлургических предприятий. В его основу положен принцип окисления углерода гумуса до CO_2 в токе кислорода при температуре 1250°C . Образующийся CO_2 взаимодействует с хлоридом стронция, в осадок выпадает труднорастворимый карбонат стронция, а раствор подкисляется.



Количество водорода преобразуется в количество электричества, которое фиксируется выходным напряжением высокоомного усилителя рН-метра, включенного в цепь анализатора. Результат анализа выдается на табло в % углерода.

Кулонометрический метод основан на измерении количества электричества и не требует предварительной калибровки прибора по стандартам. Продолжительность анализа одной пробы от 1 до 5 минут. Анализатор АН 7529 не позволяет отдельно определять углерод почвы и углерод карбонатов, что ограничивает его использование. Он применяется для определения углерода гумуса в почвах, не содержащих карбонаты.

2.3.4. Определение легкоразлагаемого органического вещества (Ганжара Н.Ф., 1986)

Легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ) состоит из органических веществ различной степени гумификации, непрочно связанных с минеральной частью почвы. Метод основан на отделении этой фракции с помощью тяжелых жидкостей (бромформ, тетрабромэтан, йодометилен, смесь йодистого калия и йодистого кадмия и др.) с плотностью $1,8-2,0 \text{ г/см}^3$. Сущность метода заключается в том, что при смешивании образца с тяжелой жидкостью частицы, плотность которых меньше или равна плотности жидкости, всплывают на поверхность, а более плотные остаются в осадке.

Содержание углерода ЛОВ определяют по разности между содержанием углерода в исходной почве и его содержанием в той же почве после отделения ЛОВ.

Ход анализа. 1. Почву, пропущенную через сито с отверстиями 1 мм (30-40 г), растирают, просеивают через сито с отверстиями 0,25 мм и берут навеску 10 г на технических весах.

2. Навеску почвы помещают в делительную воронку на 50 мл и приливают 25 мл тяжелой жидкости. Содержимое ворон-

ки тщательно перемешивают и дают отстояться до осветления жидкости.

3. Осадок с делительной воронки сливают в стакан на 100 мл, приливают 25 мл тяжелой жидкости для повторного отделения оставшейся в осадке части ЛОВ. Делительную воронку освобождают от тяжелой жидкости с ЛОВ и переносят в нее содержимое стакана после тщательного перемешивания.

4. Операции пункта 3 повторяют 3-5 раз до полного выделения ЛОВ. Осадок почвы после последнего отделения сливают из делительной воронки на воронку с рыхлым фильтром. Почву на фильтре промывают дистиллированной водой (100 мл). При научных исследованиях лучше для промывания использовать этиловый спирт.

5. Фильтр с почвой помещают в фарфоровую чашку и высушивают в сушильном шкафу при 105°C. Одновременно высушивают 3-5 г исходной почвы (п. 1), пропущенной через сито с отверстиями 0,25 мм.

6. В исходной почве и в почве, освобожденной от ЛОВ, определяют содержание органического углерода по И.В. Тюрину. По разности вычисляют содержание углерода ЛОВ. Учитывая, что в ЛОВ содержится примерно 50% углерода, при расчетах его содержания используют коэффициент 2.

7. В случае необходимости получения препаратов ЛОВ из делительной воронки (п. 3) ее переносят на воронку с фильтром, отмывают от тяжелой жидкости этиловым спиртом, высушивают в сушильном шкафу при 60°C и исследуют.

Реактивы. Смесь йодистого калия и йодистого кадмия плотностью 1,8 г/см³, этиловый спирт, реактивы для определения гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова.

2.3.5. Определение потери при прокаливании торфяных почв, лесных подстилок и ЛОВ.

При массовых анализах торфяных почв, лесных подстилок и ЛОВ для суждения о запасах органических и минеральных веществ в них можно воспользоваться данными по определению потери при прокаливании. Метод основан на сжигании навески органических веществ в муфеле при температуре 800°C.

Ход анализа. 1. В предварительно прокаленный и взвешенный тигель с крышкой отвешивают на аналитических весах 1-2 г субстрата. Навеска не должна занимать больше 2/3 объема тигля. Одновременно берут в сушильный стаканчик 3-5 г субстрата и определяют его влажность.

2. Открытый тигель с навеской ставят в холодную муфельную печь и постепенно нагревают ее до 800°C.

3. После двухчасового прокаливания тигель вынимают из муфеля, ставят на асбестовый лист, закрывают крышкой и охлаждают 5 мин. Затем тигель помещают в эксикатор на 30 мин. до полного охлаждения.

4. Охлажденный тигель взвешивают и снова ставят в муфель на прокаливание в течение 40 мин. После повторного прокаливания снова охлаждают и взвешивают, как указано выше. Прокаливание ведут до постоянной массы или до того, как изменение массы не будет превышать 0,001 г. Если зола при сжигании сплавилась, то после охлаждения тигля ее растворяют несколькими каплями азотной кислоты, добавляют 1 мл насыщенного раствора NH_4NO_3 , высушивают и снова прокаливают.

5. Вычисляют зольность и потерю от прокаливания.

Зольность в процентах массы сухого субстрата определяют по формуле:

$$Z_c = \frac{a(100+W)}{m},$$

где Z_c — зольность (%); a — массы золы (г); W — влажность субстрата (%); m — навеска воздушно-сухого субстрата (г).

Потерю от прокаливания вычисляют по формуле:

$$ПП = 100 - Z_c,$$

где $ПП$ — потеря от прокаливания, % от массы сухого субстрата.

2.3.6. Определение легкоразлагаемого органического вещества по Н.Ф. Ганжаре и Б.А. Борисову

Метод разработан для массовых анализов и предусматривает использование нетоксичных тяжелых жидкостей (насыщенный раствор йодистого натрия или йодистого калия с плотностью 1,8 г/см³). Для исследования состава ЛОВ предусмотрено получение низкзолных препаратов при повторном выделении ЛОВ из легкой фракции тяжелой жидкостью с более низкой плотностью (1,6 г/см³). Содержание углерода ЛОВ определяют по потере при прокаливании легкой фракции или другими существующими методами. Для анализа тщательно отбирают среднюю пробу почвы, пропущенную через сито 1 мм, без отбора корней и органических остатков.

Ход анализа. Отобранную пробу массой 20 г помещают в центрифужную пробирку на 100 мл, заливают 50 мл тяжелой жидко-

сти (насыщенный раствор NaJ плотностью 1,8 г/см³) и тщательно перемешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Использование для диспергирования почвы ультразвука не рекомендуется в связи с резким увеличением в легкой (всплывающей) фракции содержания минеральных коллоидов и прочносвязанных с ними гумусовых веществ. Центрифугирование проводят при 6 тыс. об/мин. в течение 5 мин, при 4 тыс. об/мин. — в течение 10 мин. Центрифугат сливают, осторожно поворачивая пробирку для смыва органических остатков с ее стенок и не взмучивая при этом почву, на воронку с бумажным фильтром. Отфильтрованную жидкость сливают в отдельную колбу для повторного использования. Обработку почвы тяжелой жидкостью и центрифугирование проводят 3-4 раза до полного отделения фракции ЛОВ, о чем судят по отсутствию на поверхности тяжелой жидкости в центрифужной пробирке органических остатков.

После полного отделения легкой фракции ее отмывают на фильтре горячей дистиллированной водой и этиловым спиртом (50 мл) до потери реакции на йод, о чем судят по обесцвечиванию фильтра. Затем легкую фракцию с фильтра полностью переносят в предварительно взвешенную фарфоровую чашку, смывая ее водой. Воду из чашки выпаривают в сушильном шкафу, и легкую фракцию сушат в чашке до постоянной массы при 105°C. Взвешивают легкую фракцию в чашке, растирают в агатовой ступке и берут навески для определения азота (по Кьельдалю) и потери от прокаливания или углерода ЛОВ методом Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой (для торфов). Углерод ЛОВ можно также определить на экспресс-анализаторе углерода. Все три приема определения ЛОВ дают сопоставимые результаты.

Для определения элементного состава ЛОВ проводят повторное выделение ЛОВ жидкостью с более низкой плотностью для снижения содержания минеральных примесей. Легкую фракцию, выделенную тяжелой жидкостью плотностью 1,8 г/см³, помещают в центрифужную пробирку на 100 мл и заливают 50 мл тяжелой жидкости с плотностью 1,6 г/см³, центрифугируют при 6 тыс. об/мин. в течение 5 мин. Центрифугат сливают на воронку с бумажным фильтром, затем обмывают горячей дистиллированной водой, этиловым спиртом, высушивают при 105°C. В выделенном препарате ЛОВ определяют элементный состав методами, принятыми для определения состава растительных остатков.

Определение потери при прокаливании легкой фракции проводят по методике, изложенной в разделе 2.3.5. Вычисляют зольность и потерю от прокаливания легкой фракции:

$$Z_{\text{лф}} = a \cdot 100 / m, \quad \text{ЛОВ} = 100 - Z_{\text{лф}},$$

где $Z_{\text{лф}}$ — зольность легкой фракции, % a — масса золы (г); m — навеска абсолютно сухой легкой фракции (г); ЛОВ — содержание лабильных форм органических веществ в % к массе легкой фракции, или потеря от прокаливания легкой фракции.

Содержание углерода ЛОВ рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{ЛОВ}} = \text{ЛОВ} \cdot b \cdot 0,5 / 100,$$

где $C_{\text{ЛОВ}}$ — углерод ЛОВ , % к массе почвы; ЛОВ — содержание ЛОВ , % к массе легкой фракции; b — содержание легкой фракции, % к массе почвы; 0,5 — коэффициент пересчета на углерод, так как в составе ЛОВ содержится в среднем 50% углерода.

Содержание азота ЛОВ рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{ЛОВ}} = a \cdot b / 100,$$

где $N_{\text{ЛОВ}}$ — содержание азота, % к массе почвы; a — содержание азота, % к легкой фракции; b — содержание легкой фракции, % к массе почвы.

Запасы углерода и азота ЛОВ при известных величинах плотности почв и мощности пахотного слоя определяют по формуле:

$$ЗП = a \cdot d_v \cdot C_{\text{ЛОВ}}(N_{\text{ЛОВ}}),$$

где $ЗП$ — запасы C или $N_{\text{ЛОВ}}$ в пахотном слое, т/га; d_v — плотность почвы, г/см³; a — мощность пахотного слоя, см.

При отсутствии данных о плотности и мощности пахотного слоя расчет запасов C и $N_{\text{ЛОВ}}$ проводят приближенно, исходя из того, что содержание какого-либо вещества, составляющее 0,1% к массе почвы, примерно соответствует 3 т/га в пахотном слое, а 0,01% к массе почвы — 300 кг/га в пахотном слое.

2.3.7. Ускоренное определение состава гумуса минеральных почв методом М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой

Метод разработан авторами применительно к различным типам и подтипам минеральных почв. С его помощью можно определить три основные группы гумусовых веществ: гуминовые кислоты, фульвокислоты и нерастворимый остаток гумусовых веществ. Дополнительно можно охарактеризовать подвижность гумуса и природу гумусовых кислот. Извлекают гумусовые вещества смесью раствора пирофосфата натрия и щелочи.

Применение пирофосфата натрия, как и некоторых нейтральных солей органических кислот (натриевых солей щавелевой, винной и др.), для выделения гумусовых веществ из почв основано на способности растворов этих солей к образованию нерастворимых осадков или растворимых комплексов с кальцием, железом, алюминием и некоторыми другими поливалентными катионами, с которыми связаны в почве гумусовые вещества. Большую роль играет реакция раствора пирофосфата натрия: по мере повышения его рН с 7 до 9,5 выход гумусовых веществ возрастает. Как показали исследования авторов, наибольшее количество этих веществ извлекает смесь 0,1 М раствора пирофосфата натрия с 0,1 н. NaOH, имеющая рН около 13; при однократной обработке почвы смесью выход гумусовых веществ приближается к количеству гуминовых кислот и фульвокислот, получаемому по методу И.В. Тюрина для первой группы гумусовых веществ (многократное извлечение 0,1 н. раствором NaOH из предварительно декальцированной почвы). При некоторых колебаниях соотношение гуминовых кислот и фульвокислот остается близким в обоих методах.

Удобство работы с пирофосфатом натрия состоит в том, что на извлечение органических веществ затрачивается сравнительно мало времени (10-12 ч). В отличие от действия NaOH при применении пирофосфата, предварительное декальцирование почвы разведенными растворами минеральных кислот (HCl или H₂SO₄) и повторные обработки почвы растворителем не оказывают существенного влияния на выход гумусовых веществ даже при большом количестве в почве обменного кальция или карбонатов.

Поэтому в ускоренном методе определения состава гумуса исключены длительный (особенно в случае карбонатных почв) процесс декальцирования почвы и многократные обработки ее 0,1 н. раствором NaOH.

Подготовка почвы к анализу. Из воздушно-сухого образца почвы берут 40-50 г, тщательно отбирают корешки и органические остатки. Крупные комки почвы раздавливают пестиком с резиновым наконечником, затем почву растирают в фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями 1 мм. Операцию повторяют до тех пор, пока вся проба не будет пропущена через сито. Подготовленную почву используют для определения состава гумуса.

Для установления общего содержания углерода и азота органического вещества в исходной почве из воздушно-сухого образца берут 5 г почвы, тщательно отбирают из нее корешки, растирают и просеивают через сито с отверстиями 0,25 мм.

Определение углерода и азота в исходной почве. Содержание углерода в исходной почве находят по методу И.В. Тюрина, общего азота — по Кьельдалю.

Извлечение гумусовых веществ из почвы смесью пирофосфата натрия и NaOH. Из подготовленного образца почвы берут 5 г, переносят в коническую колбу на 250 мл и заливают в конце рабочего дня 100 мл свежеприготовленной смеси пирофосфата натрия с NaOH, содержащей в 1 л раствора 44,6 г $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и 4 г NaOH. Концентрация пирофосфата натрия в таком растворе — 0,1 М, а NaOH — 0,1 н., рН смеси — около 13.

Колбу плотно закрывают резиновой пробкой для изоляции от углекислого газа воздуха, содержащее ее тщательно перемешивают, избегая размазывания почвы по стенкам, и оставляют на 16 ч. Затем раствор вместе с почвой тщательно перемешивают в колбе и переносят в воронку с простым бумажным фильтром диаметром 15-17 см, вставленным в конус из плотного фильтра (синяя лента) диаметром 7-9 см. Фильтры должны быть сухими.

Если раствор при фильтровании получается мутным, его снова переносят на фильтр. Когда начинает фильтроваться прозрачный раствор, его собирают в сухую приемную колбу.

В случае высокогумусированных почв (например, черноземов) для дальнейших определений достаточно отфильтровать около 50-60 мл, при менее гумусированных — отфильтровывают всю вытяжку.

Вместо фильтрования через бумажные фильтры можно применять центрифугирование. В том и другом случае необходимо строго следить, чтобы вытяжка была прозрачной. Коагулятор ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) добавлять не рекомендуется.

Остаток почвы на фильтре отбрасывают.

Определение содержания углерода в вытяжке. Для гумусированных почв берут пипеткой 2-5 мл, для слабогумусированных — 10-15 мл вытяжки.

Раствор помещают в коническую колбу на 100 мл и нейтрализуют, прибавляя 1 н. H_2SO_4 по каплям до появления в растворе легкой мути. Колбу ставят на кипящую водяную баню и выпаривают содержимое досуха. Затем определяют содержание органического углерода по методу И.В. Тюрина, добавляя в колбу для равномерного кипения (на кончике ножа) прокаленную пемзу или почву.

Углерод в вытяжке определяют в двукратной повторности, вычисляя его содержание в процентах от массы почвы и в процентах от общего количества углерода в исходной почве.

Определение в вытяжке содержания углерода гуминовых кислот. Берут пипеткой определенный объем вытяжки (25 мл для сильногумусированных почв, 40-50 мл — для средне- и слабогумусированных) и переносят в химический стакан; туда же, при перемешивании стеклянной палочкой, по каплям прибавляют для коагуляции геля гуминовых кислот H_2SC_4 (плотность 1,84) до появления мути в растворе, что наблюдается при рН около 1,5-2. Для этого необходимо прилить около 0,2-0,5 мл серной кислоты, избытка ее следует избегать.

После тщательного перемешивания стеклянной палочкой раствор в стакане закрывают часовым стеклом и помещают на горячую этернитовую плитку или на электроплитку с обнаженной спиралью, но обязательно прикрывают ее слоем асбеста. Умеренное нагревание при температуре не выше 80°C ведут в течение 30 мин, после чего стакан снимают с плитки и оставляют на ночь для полного осаждения геля гуминовых кислот.

Утром проводят фильтрование на маленьких воронках через плотный фильтр (синяя лента) диаметром 7 см, предварительно смоченный 0,05 н. раствором H_2SO_4 . Сначала из стакана на фильтр переносят кислый раствор, а затем осадок (гель) гуминовой кислоты. Фильтр с осадком несколько раз промывают холодным 0,05 н. раствором H_2SO_4 до получения бесцветного фильтрата (в начале промывания фильтрат обычно окрашен в желтый цвет от примеси фульвокислот).

Кислый раствор с промывными водами отбрасывают, а воронку с фильтром с осадком гуминовых кислот вставляют в горлышко мерной колбы на 25-100 мл (в зависимости от объема осадка) и приступают к растворению осадка горячим 0,05 н. раствором NaOH .

Как для промывания осадка гуминовых кислот 0,05 н. H_2SO_4 , так и для его растворения 0,05 н. NaOH удобно пользоваться небольшими промывалками, струей из которых осадок может быть взмучен.

Раствор NaOH сначала наливают небольшими порциями в стаканчик, в котором проводили осаждение, для растворения приставшего к его стенкам осадка, пользуясь стеклянной палочкой, а затем переносят на фильтр. Промывают фильтр тем же раствором до полного растворения геля гуминовой кислоты, о чем свидетельствует отсутствие окраски фильтра. Раствор гумата натрия в мерной колбе охлаждают при комнатной температуре, после чего дистиллированной водой доводят объем до метки.

Для определения содержания углерода гуминовых кислот берут пипеткой 5-10-20 мл раствора (в зависимости от интенсивности его окраски). Дальше анализ ведут, как и при установлении общего содержания углерода в вытяжке.

Содержание углерода гуминовых кислот вычисляют в процентах от массы почвы и в процентах к общему количеству углерода в исходной почве.

Определение в вытяжке содержания углерода фульвокислот. Количество углерода фульвокислот (правильнее органических веществ, остающихся в кислом растворе при осаждении из вытяжки гуминовых кислот) определяют по разности между общим содержанием углерода в вытяжке и его содержанием в гуминовых кислотах. Вычисляют его в процентах от массы почвы и в процентах к общему содержанию углерода в исходной почве.

Определение содержания углерода в остатке почвы. Количество углерода в остатке почвы (С гуминов) после выделения гумусовых веществ находят по разности между содержанием органического С в исходной почве и в вытяжке.

Дополнительные определения — установление количества углерода органических веществ, переходящих в раствор при обработке навески почвы 0,1 н. H_2SO_4 . Анализ проводят по методу В.В. Пономаревой. Он дает представление о растворимости органических веществ почвы в минеральных кислотах. Растворимые в этих кислотах органические соединения характерны для подзолистых почв, красноземов и других почв, ненасыщенных основаниями.

5 г почвы помещают в коническую колбу на 250 мл, заливают 200 мл 0,1 н. H_2SO_4 и после тщательного перемешивания оставляют до утра, прикрыв колбу часовым стеклом.

На следующий день сернокислую вытяжку фильтруют в мерную колбу на 500 мл через фильтр из обычной фильтровальной бумаги. Почву на фильтре промывают 0,1 н. H_2SO_4 , к фильтрату в мерной колбе доливают дистиллированной воды до черты и смесь хорошо перемешивают. Для определения углерода берут пипеткой 20-50 мл вытяжки, помещают в коническую колбу на 100 мл, нейтрализуют сухим порошком Na_2CO_3 до появления осадка R_2O_3 , выпаривают на кипящей водяной бане досуха, добавляют прокаленную пемзу и сжигают хромовой смесью, по Тюрину. Количество углерода вычисляют в процентах от массы почвы и в процентах от общего содержания углерода органических веществ почвы.

Определение свободных и связанных с подвижными формами R_2O_3 гуминовых кислот, выделяемых при непосредственной

обработке почвы 0,1 н. NaOH, проводится, как и при извлечении смесью пиррофосфата натрия и едкого натра.

Разность между общим содержанием гуминовых кислот, извлекаемых из почвы раствором $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH}$, и фракциями этих кислот (свободных и связанных с подвижными формами R_2O_3) дает представление о фракции кислот, связанных с кальцием.

Содержание С в кислотных и щелочных вытяжках, а также С гуминовых кислот вычисляют в % к почве по формуле:

$$C, \% = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K_M \cdot 0,0003 \cdot 100}{m}$$

и в % к общему содержанию органического углерода в почве:

$$\%C = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K_M \cdot 0,0003 \cdot 100}{mC_{\text{общ}}}$$

где V_1 — объем 0,1 н. соли Мора, израсходованный на титрование 10 мл хромовой смеси в холостом опыте (мл); V_2 — объем 0,1 н. соли Мора, израсходованный на титрование избытка хромовой смеси (мл); K_M — поправка к титру соли Мора; 0,0003 — коэффициент пересчета на 1 г углерода при использовании 0,1 н. раствора соли Мора; m — навеска сухой почвы, соответствующая количеству вытяжки или раствора, взятому для определения углерода (г); $C_{\text{общ}}$ — содержание углерода в почве (%).

Результаты анализа оформляют в виде таблицы.

Фракционно-групповой состав гумуса почвы
(числитель — % к почве; знаменатель — % к С почвы)

Горизонт, глубина, см	$C_{\text{общ}}$, % к почве	С 0,1 н. H_2SO_4	С $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH}$	$C_{\text{гк}}$	$C_{\text{фк}}$	$C_{\text{гк}}$		С остатка почвы	
						$C_{\text{фк}}$	свободн. и связан. с R_2O_3		связанные с Са
$A_{\text{пах}}$	5,00	<u>0,15</u>	<u>2,50</u>	<u>1,85</u>	<u>0,65</u>	2,85	<u>0,17</u>	<u>1,68</u>	<u>2,50</u>
0-20		3,0	50,0	37,0	13,0		3,4	33,6	50,0

2.3.8. Агрономическая оценка состояния органического вещества почв

Общее содержание гумуса, азота и фракционно-групповой состав гумуса характеризуют генетические особенности и потенциальное плодородие почв. Содержание ЛОВ и азота в его составе являются показателями эффективного плодородия почв. Примерно 20% от общих запасов ЛОВ ежегодно минерализуется, при этом высвобождаются элементы питания, в том числе азот. При низком содержании азота в составе ЛОВ требуется дополнительное внесение минеральных азотных удобрений.

По относительному содержанию ЛОВ в составе общего гумуса предложено оценивать степень выпаханности почв (Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., 1997). Оценка производится по 25-балльной шкале. Сущность метода расчета степени выпаханности заключается в следующем: вычисляют относительное содержание $C_{лов}$ в % от $C_{общ}$ почвы ($C_{общ}$ — содержание С гумуса в пробах без отбора корней и органических остатков). Затем относительное содержание $C_{лов}$ вычитают из 25 и получают балл степени выпаханности.

К невыпаханным относятся почвы, в которых относительное содержание $C_{лов}$ 25% и более. Такие почвы имеют нулевой балл степени выпаханности.

Шкала оценки: 0 баллов — невыпаханные; 0,1 — 5 баллов — очень слабовыпаханные; 5-15 баллов — слабо- и средневыпаханные; 15-25 баллов — сильновыпаханные и очень сильновыпаханные почвы.

Исследованиями установлено, что оптимальное содержание легкоразлагаемых органических веществ — 0,4-1,2%, или 12-36 т/га в пахотном слое. Показатели содержания и состава ЛОВ используют для определения норм внесения органических удобрений (табл. 2.8).

2.3.9. Задание 4. Оценка состояния органического вещества почвы.

Пользуясь данными, приведенными в таблице 2.9, рассчитать следующие показатели:

1. Содержание гумуса и содержание ЛОВ (% к массе почвы);
2. Запасы гумуса и запасы ЛОВ в пахотном слое (т/га);
3. Отношение С:N в составе гумуса и в составе ЛОВ;
4. Степень выпаханности почв (балл);
5. Возможное высвобождение азота ЛОВ (кг/га);
6. Используя данные таблицы 2.8, определить необходимое среднегодовое поступление послеуборочных остатков, органических и азотных удобрений.

2.8. Минимально необходимое среднегодовое поступление пожнивных остатков, органических и азотных удобрений в почву для оптимизации содержания и состава ЛОВ в полевых и кормовых севооборотах (по Ганжаре Н.Ф. и Борисову Б.А.)

Содержание и запасы углерода ЛОВ в $A_{пах}$		При отношении С: N<25		Необходимое среднегодовое поступление	
		запасы азота ЛОВ в $A_{пах}$, кг/га	вероятное высвобождение $S_{лов}$, кг/га в год	сумма пожнивных остатков, органических удобрений, т/га (сух.в-во)	азотных удобрений при С:N 25-40, кг/га (д.в.)
%	т/га				
< 0,1	< 3	< 120-200	< 25-40 очень низкое и низкое	9-12	10-20
0,1-0,2	3-6	120-400	25-40 низкое и удовлетворительное	6-9	20-30
0,2-0,4	6-12	240-800	50-160 удовлетворительное и высокое	4-6	30-40*
0,4-0,6	12-18	480-1200	100-240 высокое и очень высокое	2-4	40*
> 0,6	> 18	> 1200	> 240 очень высокое	2	40*

* В течение первых 2 лет после проведения обследования.

2.9. Показатели состояния органического вещества пахотного слоя почв (% к массе сухой почвы)

№	Мощность $A_{пах}$, см	С гумуса, %	N, %	$S_{лов}$, %	$N_{лов}$, %	d_v , г/см ³
1.	0-25	1,51	0,14	0,13	0,007	1,2
2.	0-23	0,92	0,07	0,11	0,005	1,3
3.	0-27	1,25	0,12	0,21	0,010	1,2
4.	0-24	2,11	0,19	0,20	0,015	1,2
5.	0-27	3,43	0,31	0,25	0,011	1,3
6.	0-28	2,54	0,28	0,34	0,022	1,1
7.	0-20	1,06	0,10	0,13	0,006	1,3
8.	0-25	3,33	0,34	0,52	0,024	1,2
9.	0-26	4,35	0,40	0,35	0,015	1,1
10.	0-29	1,73	0,18	0,45	0,027	1,2
11.	0-25	2,01	0,22	0,11	0,005	1,4
12.	0-23	3,07	0,31	0,15	0,006	1,3
13.	0-26	3,15	0,29	0,43	0,027	1,1
14.	0-25	1,55	0,14	0,25	0,014	1,1
15.	0-27	1,06	0,09	0,25	0,013	1,2

2.4. Физико-химические свойства почв

2.4.1. Определение суммы обменных оснований методом Каппена-Гильковица

Метод основан на вытеснении поглощенных оснований ионом водорода соляной кислоты. Количество обменных оснований определяют по разности между содержанием H^+ до и после взаимодействия кислоты с почвой. Метод используют в основном для практических целей, поскольку результаты анализа почв с кислой реакцией среды получаются завышенными, а с нейтральной и слабокислой — заниженными, так как часть кислоты затрачивается на другие реакции.

Ход анализа. Отвешивают на техно-химических весах 10 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито в 1 мм. Почву переносят в колбу на 250 мл и приливают 50 мл 0,1 н. раствора HCl для почв с кислой реакцией и 100 мл — с нейтральной, взбалтывают 1 ч на ротаторе и оставляют на сутки. Вытяжку фильтруют через сухой беззольный фильтр. Мутный фильтрат перефильтровывают. Пипеткой отбирают 25 мл прозрачного фильтрата в колбу на 100-200 мл, приливают 2-3 капли фенолфталеина и кипятят 1-2 мин, чтобы удалить CO_2 . Горячий фильтрат оттитровывают 0,1 н. раствором NaOH до слабо-розовой окраски.

Расчет проводят по формуле:

$$S = \frac{(V_1 K_{HCl} - V_2 K_{NaOH}) \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot K_w}{m},$$

где S — сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы (ммоль (+)/100 г почвы (в СИ); V_1 — количество фильтрата 0,1 н. HCl, взятого для титрования (мл); K_{HCl} — поправка к титру HCl; V_2 — количество 0,1 н. NaOH, пошедшей на титрование взятого объема фильтрата (мл); K_{NaOH} — поправка к титру NaOH; 100 — коэффициент пересчета на 100 г почвы; m — навеска почвы, соответствующая взятому для титрования объему фильтрата (г); 0,1 — коэффициент пересчета в мг-экв; K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

2.4.2. Определение гидролитической кислотности

Метод основан на том, что при взаимодействии почвы, содержащей в ППК катионы H^+ и Al^{3+} , с раствором CH_3COONa (рН 8,2) образуется уксусная кислота, которая оттитровывается щелочью. По количеству щелочи, ушедшей на титрование, судят о величине гидролитической кислотности.

Ход анализа. Отвешивают на техно-химических весах 20 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито в 1 мм. Почву переносят в колбу на 200 мл и приливают 50 мл 1 М раствора CH_3COONa , взбалтывают в течение часа. Часовое взбалтывание может быть заменено 3-минутным с последующим 18-20 часовым настаиванием. Суспензию отфильтровывают через сухой складчатый фильтр. Первые порции мутного фильтрата перефильтровывают. Отбирают пипеткой 25 мл прозрачного фильтрата в коническую колбу на 200 мл, прибавляют 1-2 капли фенолфталеина и оттитровывают фильтрат 0,1 н. раствором NaOH до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Расчет проводят по формуле:

$$H_r = \frac{VK_{\text{NaOH}} 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75 \cdot K_w}{m},$$

где H_r — гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы (ммоль (+)/100 г почвы в СИ); V — количество 0,1 н. NaOH , пошедшей на титрование (мл); K_{NaOH} — поправка к титру; 100 — коэффициент пересчета на 100 г почвы; 0,1 — коэффициент пересчета в мг-экв; 1,75 — поправка на полноту вытеснения кислотных компонентов; m — навеска почвы, соответствующая взятому для титрования объему фильтрата (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

2.4.3. Определение гидролитической кислотности по Каппену, в модификации ЦИНАО, потенциометрическим методом.

Этот вариант метода утвержден в качестве ГОСТа. Он более производителен. Метод основан на измерении рН ацетатно-натриевой почвенной суспензии. Авторами метода установлена четкая линейная зависимость между рН ацетатно-натриевой почвенной суспензии и логарифмом гидролитической кислотности.

Ход анализа. В стаканчик на 50 мл помещают 20 мл суспензии, полученной тем же способом, что и в классическом варианте метода. В суспензию опускают стеклянный электрод и электрод сравнения и считывают величину рН со шкалы прибора не ранее, чем через минуту после погружения электродов.

Величину гидролитической кислотности (H_r) находят по величине рН суспензии с помощью табл. 2.10. Она справедлива при анализе минеральных горизонтов для соотношения почвы и 1 М раствора ацетата натрия равного 1: 2,5; органических — 1:150.

2.10. Таблица для расчета гидролитической кислотности по значениям pH ин. CH₃COONa-суспензии

рН суспензии	Гидролитическая кислотность, ммоль (+)/100 г почвы при рН									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
<i>1. Минеральные горизонты</i>										
6,0	17,3	16,9	16,6	16,2	15,8	15,5	15,2	14,9	14,5	14,2
6,1	13,9	13,6	13,3	13,1	12,8	12,5	12,2	12,0	11,7	11,5
6,2	11,2	11,0	10,8	10,5	10,3	10,1	9,84	9,64	9,44	9,23
6,3	9,04	8,83	8,65	8,45	8,28	8,11	7,92	7,76	7,59	7,41
6,4	7,28	7,11	6,97	6,81	6,69	6,53	6,38	6,25	6,11	5,98
6,5	5,85	5,73	5,61	5,48	5,37	5,25	5,14	5,03	4,92	4,88
6,6	4,71	4,61	4,52	4,42	4,32	4,23	4,14	4,05	3,96	3,82
6,7	3,79	3,71	3,63	3,56	3,48	3,40	3,33	3,26	3,19	3,13
6,8	3,05	2,99	2,92	2,86	2,80	2,74	2,68	2,62	2,57	2,52
6,9	2,46	2,41	2,35	2,31	2,25	2,21	2,16	2,11	2,07	2,02
7,0	1,98	1,94	1,90	1,86	1,82	1,78	1,74	1,70	1,67	1,63
7,1	1,60	1,56	1,53	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,34	1,31
7,2	1,28	1,26	1,23	1,20	1,18	1,15	1,13	1,10	1,08	1,06
7,3	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
7,4	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,68
7,5	0,67	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
7,6	0,54	0,53	0,52	0,51	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
7,7	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36
7,8	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29
7,9	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23
8,0	менее 0,23									
<i>2. Органические горизонты</i>										
6,7	144,7	141,5	138,4	135,3	132,3	129,4	126,5	123,7	120,9	118,2
6,8	115,6	113,0	110,5	108,0	105,6	103,3	101,0	98,7	96,5	94,4
6,9	92,3	90,2	88,2	86,3	84,4	82,5	80,6	78,8	77,1	75,4
7,0	73,7	72,1	70,5	68,9	67,4	65,9	64,4	63,3	61,6	60,2
7,1	58,8	57,5	56,3	55,0	53,8	52,6	51,4	50,3	49,2	48,1
7,2	47,0	45,9	44,9	43,9	42,9	42,0	41,1	40,2	39,3	38,4
7,3	37,5	36,7	35,9	35,1	34,3	33,5	32,8	32,1	31,3	30,6
7,4	29,9	29,3	28,7	28,0	27,4	26,8	26,2	25,6	25,0	24,5
7,5	23,9	23,4	22,9	22,4	21,9	21,4	20,9	20,4	20,0	19,5
7,6	19,1	18,7	18,3	17,9	17,5	17,1	-	-	-	-

2.4.4. Вычисление емкости катионного обмена (ЕКО) и степени насыщенности почв основаниями по показателям суммы обменных оснований и гидролитической кислотности

Для почв, ненасыщенных основаниями (подзолистые, серые лесные и др.), ЕКО рассчитывают, суммируя показатели гидролитической кислотности (H_r) и суммы обменных оснований (S).

$$EKO = H_r + S$$

ЕКО — общее количество катионов, которое может удерживать почва в обменном состоянии. Величина ЕКО выражается количеством вещества эквивалентов обменных катионов в мг-экв/100 г почвы (ммоль (+)/100 г почвы в СИ).

В англоязычной литературе этот показатель обозначает СЕС (the cation exchange capacity). Почвы, содержащие в составе ППК только основания (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na), называются насыщенными основаниями, а почвы, которые в ППК кроме оснований содержат катионы с выраженными кислотными свойствами (H^+ и Al^{3+}), называют ненасыщенными основаниями.

Степенью насыщенности почв основаниями называется отношение суммы обменных оснований к емкости поглощения. Она показывает, какую часть всех поглощенных катионов составляют поглощенные основания. Степень насыщенности почв основаниями (V) вычисляют по формуле:

$$V, \% = \frac{S}{S + H_r} \cdot 100$$

где: S — сумма обменных оснований, мг-экв/100 г; H_r — гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г.

Степень насыщенности основаниями используется при определении нуждасмости почв в известковании. При V более 80% почвы не нуждаются в известковании; при V менее 50% — потребность высокая; в промежутке — средняя и слабая.

2.4.5. Вычисление дозы извести

Дозу извести рассчитывают по гидролитической кислотности. Для этого необходимо знать массу пахотного слоя на 1 га. Для нейтрализации 1 кг обменного водорода требуется 50 кг $CaCO_3$, поскольку молярная масса эквивалента карбоната кальция ($1/2 CaCO_3$) равна 50.

Расчет проводят по формуле:

$$D = \frac{H_r \cdot h \cdot d_v \cdot 50}{1000},$$

где D — доза извести (т/га) CaCO_3 ; H_r — гидролитическая кислотность (мг-экв/100 г почвы); h — мощность пахотного слоя (см); d_v — плотность почвы (г/см³); 50 — молярная масса эквивалента карбоната кальция (г/моль).

Вычисление дозы извести можно упростить, приняв мощность слоя 20 см, а плотность сложения почвы 1,5 г/см³. Доза извести в т/га находится умножением гидролитической кислотности на коэффициент 1,5.

Когда в качестве известкового удобрения пользуются гашеной известью — Ca(OH)_2 , дозу извести, вычисленную для CaCO_3 , умножают на 1,11; для расчета доз едкой извести (CaO) коэффициент равен 0,84.

2.4.6. Определение рН водной и солевой суспензии потенциометрическим методом

Величина рН водной суспензии (вытяжки) характеризует актуальную кислотность, а солевой суспензии (вытяжки) — обменную кислотность.

Для определения рН почвы потенциометрическим методом используют стеклянный измерительный электрод и хлорсеребряный электрод сравнения. При измерении рН между мембраной электрода и раствором (суспензией) возникает разность потенциалов, которая зависит от активности ионов водорода в растворе. По разности потенциалов на стеклянном электроде и электроде сравнения определяют рН. Приборы откалиброваны в единицах рН и окислительно-восстановительного потенциала (Eh).

Ход анализа. 10 г почвы взвешивают на техно-химических весах и переносят в колбу на 100 мл, приливают 25 мл дистиллированной (прокипяченной, освобожденной от CO_2) воды. Колбу закрывают пробкой и встряхивают в течение 5 мин. на ротаторе. В суспензию помещают электроды и считывают величину рН со шкалы прибора не ранее, чем через минуту после погружения электродов.

В торфяных почвах и лесных подстилках соотношение почва : раствор — 1:25.

При определении обменной кислотности (рН_{ккл}) вместо дистиллированной воды используют 1 н. раствор KCl .

Подготовка к работе стеклянных и хлорсеребряных электродов. Перед эксплуатацией индикаторный шарик стеклянного электро-

да вымачивают 24 ч в 0,1 н. HCl; хлорсеребряный электрод выдерживают в насыщенном растворе KCl 48 ч. Ежедневно перед началом работы при настройке прибора проверяют его показания по буферным растворам с рН 1,68; 3,86; 4,01; 6,86; 9,18 при температуре 25°C.

2.4.7. Определение ориентировочных доз извести по величине pH_{KCl}

Ориентировочные дозы извести в зависимости от величины pH_{KCl} для почв разного гранулометрического состава приведены в табл. 2.11.

2.11. Дозы извести в зависимости от pH_{KCl} и гранулометрического состава, т/га $CaCO_3$

Гранулометрический состав	pH_{KCl}					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Песчаный	2,5	2,1	1,6	1,3	1,0	0,7-0,5
Супесчаный	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2-1,0
Легкосуглинистый	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Среднесуглинистый	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистый	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Глинистый	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5

2.4.8. Определение стандартной емкости катионного обмена (EKO_{ct}) по Бобко-Аскинази-Алешину

Различают реальную эффективную и стандартную EKO (Л.А. Воробьева, 1998). EKO_{ct} определяют с помощью небуферного раствора нейтральной соли. При этом рН вытяжки зависит от реакции среды исследуемой почвы. Определение EKO_{ct} проводят с помощью буферного раствора с заданной величиной рН. В России EKO_{ct} принято определять при рН 6,5. В других странах ее определяют при рН 8,2 или 7.

Сущность метода заключается в вытеснении обменных катионов забуференным раствором солей бария с рН 6,5. Затем определяют количество поглощенного бария вытеснением его титрованным раствором серной кислоты. Избыток кислоты титруют щелочью. По количеству серной кислоты, пошедшей на вытеснение бария, судят о EKO_{ct} .

Ход анализа. 1. *Разрушение карбонатов и гипса.* Навеску почвы — 5 г, пропущенной через сито в 1 мм, помещают в химический стакан на 100-150 мл. Если почва содержит карбонаты и гипс, навеску несколько раз обрабатывают 0,05 М раствором HCl (при

высоком содержании карбонатов — 0,2 М НСl). Обработку продолжают до потери реакции на Ca^{2+} , фильтруя раствор через плотный фильтр.

2. *Реакция на Са.* 3-5 мл фильтрата собирают в пробирку, добавляют несколько капель NH_4OH до слабого запаха, подкисляют 10% CH_3COOH , добавляют 3 мл 4% раствора щавелевокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ и нагревают смесь до кипения. При наличии кальция появится муть или осадок щавелевокислого кальция (CaC_2O_4) . При отсутствии мути обработку заканчивают.

3. *Насыщение ППК барием.* После удаления карбонатов и гипса, а если они отсутствовали, то непосредственно к навеске почвы, добавляют 20-25 мл забуференного раствора хлористого бария. Обработку почвы проводят многократно, приливая в стакан с почвой такой объем раствора, который полностью можно перенести на фильтр. На фильтр каждую последующую порцию раствора переносят после того, как профильтруется предыдущая. Обычно на эту процедуру уходит 300-400 мл раствора. Обработку заканчивают, когда рН фильтрата будет таким же, как и рН исходного раствора бариевых солей (6,5). При добавлении к фильтрату бромтимолового синего окраска раствора будет примерно одинаковой с пробой исходного раствора.

По окончании насыщения барием почва должна быть полностью перенесена на фильтр. Избыток бариевых солей, механически задержанных почвой, удаляют промыванием почвы на фильтре дистиллированной водой до потери реакции на хлор (проба с нитратом серебра).

При появлении мутного раствора промывание заканчивают 88-96% этиловым спиртом.

4. *Вытеснение бария раствором серной кислоты.* Фильтр с почвой на воронке оставляют на ночь для подсушивания, затем помещают его в коническую колбу на 250 мл, приливают из бюретки 100 мл титрованного 0,05 н. раствора H_2SO_4 , взбалтывают в течение 5 мин. и фильтруют через плотный фильтр.

5. *Титрование остатка H_2SO_4 .* 25 мл фильтрата переносят в коническую колбу на 100-150 мл и титруют 0,05 н. раствором NaOH . Параллельно проводят контрольное титрование 25 мл 0,05 н. исходного раствора H_2SO_4 . Расчет стандартной ЕКО проводят по формуле:

$$EKO_{cm} = \frac{(V_1 - V_2)_H \cdot V_o \cdot 100}{V_{a1} \cdot m} K_w,$$

где $EKO_{ст}$ — стандартная емкость катионного обмена (мг-экв/100 г почвы) (в СИ — ммоль (+)/100 г почвы); V_1 и V_2 — объемы раствора NaOH, пошедшей на титрование анализируемого раствора и исходного раствора H_2SO_4 (мл); n — молярная концентрация эквивалентов NaOH (ммоль/мл); V_0 — общий объем добавленной к почве 0,05 н. H_2SO_4 (мл); m — масса навески почвы (г); $V_{ал}$ — объем фильтрата, взятого для анализа (мл); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Реактивы: забуференный 0,1 н. раствор $BaCl_2$ и $Ba(CH_3COO)_2$ с рН 6,5. Навески 6,1 г $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ и 6,4 г $Ba(CH_3COO)_2$ помещают в мерную колбу на 1 л и растворяют в дистиллированной воде. Объем жидкости в колбе доводят дистиллированной водой до метки. Полученный раствор должен иметь рН 6,5.

Форма записи результатов

№ пробы	Навеска почвы, г	Объем H_2SO_4 , мл		Объем NaOH, мл, пошедший		EKO _{ст} ммоль (+) / 100 г почвы
		добавленный к почве	взятый для титрования	на титрование H_2SO_4	на титрование аликвоты фильтрата	
17	5	100	25	25,0	19,0	24,0

2.4.9. Определение обменной кислотности ($H_{об}$) по методу А.В. Соколова.

Метод предусматривает определение обменных форм водорода и алюминия при вытеснении их из почвы 1,0 н раствором нейтральной соли (KCl). Обменный алюминий обычно проявляется в почвах с рН_{KCl} меньше 5,0-5,3. Повышенные концентрации его в почве (более 3-4 мг/100 г) являются токсичными для растений и микроорганизмов. Подвижные формы алюминия связывают фосфорную кислоту минеральных удобрений в труднодоступные формы.

Сущность метода заключается в том, что после вытеснения раствором KCl ионов H^+ и Al^{3+} образуется соляная кислота, которая оттитровывается щелочью. По количеству щелочи, пошедшей на титрование кислоты, рассчитывается обменная кислотность. После осаждения Al^{3+} раствором фтористого натрия проводят повторное титрование и определяют кислотность, обусловленную только ионами H^+ . По разности определяют содержание ионов Al.

Ход анализа. Отвешивают на техно-химических весах 40 г почвы, пропущенной через сито в 1 мм. Помещают навеску почвы в колбу на 250-300 мл, приливают 100 мл 1М раствора KCl и взбал-

тывают смесь на ротаторе в течение часа. Отфильтровывают солевую вытяжку через беззольный фильтр (белая или розовая лента). Первые 10 мл фильтрата выбрасывают. Берут две конические колбы на 100 мл, приливают в каждую пипеткой до 25 мл вытяжки и кипятят содержимое обеих колб 5 мин. для удаления CO_2 .

В одной колбе горячую вытяжку оттитровывают 0,02 н. раствором NaOH в присутствии фенолфталеина (2-3 капли) до слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение минуты, и рассчитывают суммарное содержание H^+ и Al^{3+} ($\text{H}_{\text{об}}$).

Во вторую колбочку прибавляют 1 мл 3,5%-го раствора NaF , охлаждают до комнатной температуры, оттитровывают 0,02 н. раствором NaOH в присутствии фенолфталеина до слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение минуты, и рассчитывают содержание H^+ .

Вычисления ведут по формуле:

$$H_{\text{об}} = \frac{V \cdot n \cdot 100 \cdot K_w}{m},$$

где $H_{\text{об}}$ — обменная кислотность (ммоль (-)/100 г почвы); V — объем раствора 0,02 н. NaOH , пошедшего на титрование взятого объема вытяжки (мл); n — нормальность раствора NaOH (ммоль/мл); 100 — коэффициент пересчета на 100 г почвы; m — навеска воздушно-сухой почвы, соответствующая взятому для титрования объему вытяжки $V(\text{г})$; K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Содержание алюминия (в мг/100 г почвы) вычисляют по формуле:

$$\text{Al} = \frac{(V - V_1) \cdot n \cdot 100 \cdot 0,18 \cdot K_w}{m},$$

где V и V_1 — объемы растворов 0,02 н NaOH , пошедших на первое и второе титрование (мл), n — молярная концентрация эквивалентов NaOH (ммоль/мл); 100 — коэффициент пересчета на 100 г почвы; 0,18 — коэффициент пересчета на алюминий; m — навеска воздушно-сухой почвы, соответствующая взятому для титрования объему вытяжки (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

2.4.10. Определение обменного натрия при вытеснении его уксуснокислым аммонием

Определение обменного натрия необходимо для оценки степени солонцеватости почв и установления нормы гипса.

Ход анализа. 5-10 г почвы промывают декантацией 1,0 н. ра-

створом уксуснокислого аммония (рН 6,5-7,0) до отсутствия реакции на кальций. Объем фильтрата замеряют, берут аликвоту (30 мл) для определения натрия, который определяют на пламенном фотометре. Параллельно определяют натрий в водной вытяжке. По разности находят истинное содержание обменного натрия.

2.4.11. Расчет норм гипса при химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв

Замена обменного натрия на кальций является одним из самых эффективных приемов мелиорации солонцов и солонцеватых почв. В качестве универсального мелиоранта используют гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Нормы гипса для мелиорации рассчитывают по уровням содержания обменного натрия, емкости катионного обмена и общей щелочности.

При расчете доз гипса принимают, что содержание обменного натрия менее 5% от ЕКО и общая щелочность, не превышающая 0,7 ммоль (-)/100 г, не оказывают отрицательного влияния на свойства почв и развитие растений.

Для расчета нормы гипса при мелиорации солонцов и солонцеватых почв используют уравнение:

$$\text{Доза гипса, } \frac{m}{\text{га}} = 0,086(\text{Na} - 0,05\text{ЕКО}) + (\text{Ш}_{\text{общ}} - 0,7) \cdot h \cdot d_v,$$

где 0,086 — молярная масса эквивалента гипса ($1/2 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (г/моль); Na — содержание обменного натрия (ммоль (+) 100 г почвы); 0,05 ЕКО — количество Na^+ , которое составляет 5% от ЕКО (ммоль (+)/100 г почвы); h — мощность мелиорируемого слоя (см); d_v — плотность сложения почвы (г/см³); $\text{Ш}_{\text{общ}}$ — общая щелочность (ммоль (-)/ 100 г почвы).

2.4.12. Задание 5. Физико-химические свойства почв

I. По данным, представленным в таблице 2.12, рассчитать следующие показатели:

1. ЕКО (ммоль (+) / 100 г почвы).
2. Степень насыщенности основаниями (%).
3. Дозу извести (т/га).
4. Степень нуждаемости в известковании.
5. Определить название почвы по гранулометрическому составу.

6. Выявить закономерности связей показателей ППК с гранулометрическим составом и с содержанием гумуса.

7. Выбрать из всего перечня наиболее окультуренные почвы.

II. Найти дозу гипса по данным, приведенным в таблице 2.13.

2.12. Показатели свойств пахотного слоя почв разного гранулометрического состава и разной степени окультуренности

№	Мощность $A_{пах}$, см	S	H_r	d_v , г/см ³	Частицы 0,01, %	Гумус, %
		ммоль (+)/100 г				
1	0-25	3,2	2,1	1,5	8,2	1,3
2	0-28	5,2	2,7	1,4	14,2	1,8
3	0-26	10,4	3,5	1,2	22,4	1,8
4	0-28	15,4	3,7	1,2	23,4	2,7
5	0-27	17,3	4,1	1,2	43,5	3,4
6	0-24	16,5	8,4	1,3	54,4	3,4
7	0-25	16,5	2,1	1,2	44,5	4,7
8	0-25	20,2	2,1	1,1	53,2	5,4
9	0-25	3,5	1,1	1,4	9,2	1,5
10	0-25	6,1	1,3	1,3	17,4	1,7
11	0-26	4,1	4,3	1,4	16,3	1,7
12	0-20	6,2	6,4	1,3	22,4	2,1
13	0-22	15,3	7,2	1,3	45,6	3,2
14	0-24	7,4	7,3	1,3	42,1	2,4
15	0-25	10,4	8,2	1,3	58,1	3,1

2.13. Показатели свойств пахотного слоя почв

№ образца	Мощность $A_{пах}$, см	ЕКО, ммоль (+) на 100 г почвы	Обменный Na, % от ЕКО	Плотность сложения, г/см ³	Общая щелочность, ммоль (-) / 100 г почвы
1	0-25	35	27	1,45	3,4
2	0-25	18	21	1,35	2,2
3	0-28	26	19	1,34	1,5
4	0-20	40	42	1,40	0,5
5	0-27	15	23	1,30	1,9

2.5. Определение мобильных соединений азота, фосфора, калия и биофильных микроэлементов

2.5.1. Определение щелочногидролизуемого азота по А.Х. Корнфилду

Метод основан на гидролизе лабильных форм азота (азот обменного аммония, амидов, аминсахаров и др., кроме азота нитратов) 1М раствором NaOH. В результате образуется аммиак, который улавливается борной кислотой.

Исследованиями ВИУА установлена высокая корреляционная связь между содержанием щелочногидролизуемого азота и нитрификационной способностью почв. Предложены ориентировочные индексы обеспеченности черноземов легкогидролизуемыми формами азота (мг/кг почвы):

1) до 80 — высокая потребность в азотных удобрениях; 2) 80-160 — средняя; 3) 160-200 — низкая; 4) более 200 — потребность отсутствует.

Ход анализа. Навеску воздушно-сухой почвы (2 г), пропущенной через сито в 1 мм, помещают во внешнюю часть чашки Конвея. Во внутреннюю часть чашки наливают пипеткой 2 мл 2% раствора борной кислоты и добавляют 2-3 капли комбинированного индикатора Гроака. Затем во внешнюю часть чашки пипеткой добавляют 5 мл 1 н. раствора NaOH, не допуская смачивания почвы. (Этому способствует имеющаяся в чашке Конвея перегородка). Не меняя положения чашки, накрывают ее крышкой (часовым стеклом), предварительно смазав края вазелином. Осторожно, круговыми движениями смешивают почву с раствором щелочи, после чего ставят ее в термостат и выдерживают 48 ч при температуре 28°C.

По истечении указанного срока проводят титрование аммиака, связанного борной кислотой, во внутренней части чашки 0,02 н. раствором H_2SO_4 до перехода зеленой окраски раствора в малиновую, используя при этом микробюретку. Результаты анализа выражают в мг азота на 1 кг почвы (1 мл 0,02 н. H_2SO_4 соответствует 0,28 мг азота).

Результаты анализа вычисляют по формуле:

$$N_{\left(\frac{мг}{кг}\right)} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot n \cdot 0,28 \cdot 1000}{m} \cdot K_w,$$

где V_1 — объем H_2SO_4 , пошедший на титрование аммиака (мл); V_2 — объем H_2SO_4 , пошедший на холостое титрование (мл); n —

молярная концентрация эквивалентов H_2SO_4 (ммоль/мл); 1000 — коэффициент для пересчета на массу почвы в 1 кг; m — масса навески почвы(г); 0,28 — масса азота, соответствующая 1 мл 0,02 н H_2SO_4 (мг); K_w — коэффициент пересчета на сухую навеску почвы.

2.5.2. Определение подвижных форм фосфора и обменного калия в почвах (методы Кирсанова, Чирикова, Мачигина)

Подвижные формы фосфора и обменного калия часто определяют в одной вытяжке из одной навески почв. Существует ряд методов определения для разных типов почв, которые различаются экстрагирующей способностью вытяжек. Ниже приводятся три распространенных в России метода, рекомендованные как стандарты для разных типов почв.

Метод Кирсанова. Метод основан на извлечении подвижных фосфатов и обменного калия из почв 0,2 н. раствором HCl при соотношении почва : раствор 1:5 (для торфяных почв — 1:50). Его используют при анализе подзолистых, серых лесных и других почв с кислой реакцией среды.

Приготовление вытяжки. На техно-химических весах отвешивают 10 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито в 1 мм. Навеску помещают в колбу на 100 мл, приливают 50 мл 0,2 н. раствора HCl . Содержимое колбы взбалтывают 1 мин, оставляют на 15 мин. в покое. Отфильтровывают суспензию через беззольный складчатый фильтр.

Определение фосфора. 5 мл фильтрата помещают в мерную колбу на 100 мл и добавляют до метки реактив Б. Через 10 мин. после окрашивания раствора проводят фотоколориметрирование раствора в кювете толщиной 5-10 мм относительно раствора сравнения № 1 (табл. 2.14), используя красный светофильтр с максимумом пропускания в области 600-750 нм.

Приготовление шкалы образцовых растворов фосфата. 0,192 г однозамещенного фосфата калия (отвешенного на аналитических весах) растворяют в 0,2 н. растворе HCl и доводят объем в мерной колбе до 1 л тем же раствором соляной кислоты. Полученный исходный раствор содержит 0,1 мг P_2O_5 в 1 см³. Из исходного раствора готовят шкалу образцовых растворов. В мерные колбы вместимостью 500 мл отбирают пипеткой указанные в табл. 2.14 объемы исходного раствора фосфата и доводят их до метки 0,2 н. раствором HCl . Для построения градуировочного графика и приготовления шкалы сравнения из каждой колбы отбирают по 5 мл раствора и переносят в мерные колбы на 100 мл. Прибавляют 95 мл ре-

2.14. Шкала для определения подвижного фосфора по методу Кирсанова

Показатель	Номер образцового раствора (колбы)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Объем исходного раствора фосфата, мл	0	5	15	25	50	75	100	125	150	200	250
Концентрация P ₂ O ₅ в образцовых растворах, мг/500 мл	0	0,5	1,5	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0
Концентрация P ₂ O ₅ в растворах шкалы сравнения, мг/100 мл	0	0,005	0,015	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200	0,250
Содержание P ₂ O ₅ в почве, мг/кг	0	5	15	25	50	75	100	125	150	200	250

актива Б и через 10 мин. проводят фотоколориметрирование растворов. На градуировочном графике по оси абсцисс откладывают концентрацию P₂O₅ (мг/100 г почвы), по оси ординат — показания оптической плотности.

Вычисление результатов. Содержание фосфора в анализируемой пробе находят по градуировочному графику непосредственно в мг/кг почвы или по формуле:

$$P_2O_5 = \frac{C \cdot V \cdot 1000 \cdot K_w}{V_1 \cdot m},$$

где C — концентрация P₂O₅ (мг/100 г), найденная по градуировочному графику; V и V_1 — общий объем фильтрата и объем аликвоты, взятой для колориметрирования (мл); 1000 — коэффициент пересчета на 1 кг почвы; m — навеска почвы (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Допустимые расхождения повторных определений при содержании P₂O₅ до 30 мг/кг почвы — 20%; свыше 30 мг — 15%.

Определение обменного калия. 5-10 мл вытяжки помещают в стеклянный стаканчик и определяют содержание калия на пламенном фотометре при светофильтре, пропускающем аналитические линии калия в области 766,5 и 769,8 нм.

Приготовление шкалы образцовых растворов. Отвешивают на аналитических весах 0,792 г хлористого калия, растворяют в 0,2 н. растворе соляной кислоты и доводят объем той же кислотой до 1000 мл. Полученный раствор содержит 0,5 мг/мл K₂O. Из исходного образцового раствора готовят шкалу для построения градуировочного графика. В 10 мерных колб вместимостью 250 мл отбирают пипеткой указанные в таблице 2.15 объемы исходного образцового раствора.

2.15. Шкала для определения подвижного калия по методу Кирсанова

Показатель	Номер образцового раствора (колбы)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем исходного раствора КСl, мл	0	1	2	4	6	10	20	40	60	80
Концентрация К ₂ О растворов сравнения, мг/1000 мл	0	2,0	4,0	8,0	12,0	20,0	40,0	80,0	120,0	160,0
Содержание К ₂ О в почве, мг/кг	0	10	20	40	60	100	200	400	600	800

Вычисление результатов. Содержание калия в анализируемой пробе находят по графику или рассчитывают по формуле:

$$K_2O = \frac{C \cdot V \cdot K_w}{m},$$

где C — концентрация К₂О, найденная по графику (мг/1000 мл); V — объем вытяжки (мл); m — масса навески почвы (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Допустимые расхождения повторных определений при содержании К₂О до 80 мг/кг почвы — 15%, свыше 80 мг/кг — 10%.

Реактивы: 1. Реактив Б. 1000 мг аскорбиновой кислоты растворяют в 170 мл реактива А в мерной колбе на 1 л, доводят объем дистиллированной водой до 1 л и тщательно перемешивают. Реактив готовят в день проведения анализа.

Реактив А. 6 мг молибденово-кислого аммония растворяют в 200 мл дистиллированной воды. На аналитических весах отвешивают 0,155 г сурьмяно-виннокислого калия и растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Оба раствора готовят при слабом нагревании. Охлажденные растворы приливают к 500 мл 5 н. раствора серной кислоты в мерной колбе на 1 л. Доводят объем дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают. Реактив хранят в склянке из темного стекла.

Метод Чирикова. Метод основан на извлечении подвижного фосфора из почвы 0,5 н. раствором уксусной кислоты (СН₃СООН) при соотношении почва : раствор 1:25. Метод принят стандартом для серых лесных почв, не карбонатных черноземов.

Приготовление вытяжки. 4 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу на 200-250 мл, приливают 100 мл 0,5 н. раствора СН₃СООН. Взбалтывают на ротаторе 1 час, затем настаивают 18-20 час. Суспензию взбалтывают и фильтруют.

Определение фосфора. 10 мл фильтрата помещают в мерную колбу на 100 мл, приливают 90 мл реактива Б. Через 10 мин. проводят фотоколориметрирование раствора в кювете толщиной 2 см, используя красный светофильтр.

Определение калия проводят на пламенном фотометре.

Реактивы:

1. 0,5 н. раствор уксусной кислоты (30 мл ледяной уксусной кислоты растворяют в 1 л дистиллированной воды). Концентрацию раствора проверяют титрованием раствором NaOH в присутствии фенолфталеина.

Вычисление результатов проводят так же, как и в методе Кирсанова. Допустимые расхождения между параллельными определениями: при содержании P_2O_5 до 50 мг/кг почвы — 20%; свыше 50 — 15%; при содержании K_2O до 100 мг/кг — 15%; свыше 100 мг/кг — 10%.

2. Шкалу образцовых растворов фосфора и калия готовят так же, как в методе Кирсанова, только вместо 0,2 н HCl используют 0,5 н CH_3COOH . Объемы исходных растворов для построения шкал приведены в таблицах 2.16 и 2.17.

2.16. Шкала для определения подвижных форм фосфора по методу Чирикова

Показатель	Номер образцового раствора								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем исходного раствора фосфата, мл	0	4	10	15	20	30	40	50	60
Концентрация P_2O_5 в образцовых растворах, мг/500 мл	0	0,4	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Концентрация P_2O_5 растворов шкалы сравнения, мг/100 мл	0	0,008	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	0	20	50	75	100	150	200	250	300

2.17. Шкала для определения подвижных форм калия по методу Чирикова

Показатель	Номер образцового раствора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем исходного раствора KCl, мл	0	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	12,0	16,0
Концентрация K_2O растворов сравнения, мг/1000 мл	0	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	24,0	32,0
Содержание K_2O в почве, мг/кг	0	25	50	100	200	400	600	800

Метод Мачигина. Метод основан на извлечении подвижных форм фосфора и калия из почвы 1% раствором углекислого аммония (рН 9) при отношении почвы к раствору 1:20. Окрашенные органическим веществом вытяжки перед определением фосфора обесцвечивают. Метод принят как стандарт для определения фосфора и калия в карбонатных почвах (черноземы, каштановые и др.).

Приготовление вытяжки. 5 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу на 200-250 мл, приливают 100 мл 1% раствора углекислого аммония, закрывают пробкой и взбалтывают на ротаторе 5 мин. Затем колбу ставят в термостат на 18-20 час и выдерживают при температуре 23-27°C. Суспензию взбалтывают и фильтруют через складчатый фильтр. Первые порции фильтрата отбрасывают. Фильтрат должен быть прозрачным.

Определение фосфора. 15 мл фильтрата переносят в мерную колбу на 50 мл, добавляют 35 мл реактива Б и через 10 мин. (не позднее, чем через 2,5 ч после добавления реактива Б) колориметрируют при красном светофильтре с максимумом пропускания в области 600-750 нм.

Обесцвечивание вытяжки. Если вытяжка окрашена органическим веществом, ее обесцвечивают. 15 мл вытяжки переносят в емкость из термостойкого стекла, приливают 2 мл смеси 30% серной кислоты и марганцево-кислого калия, кипятят 2 мин. с момента закипания. После охлаждения приливают 36 мл окрашивающего реактива Б. Через 10 мин. (не позднее, чем через 2,5 часа) раствор колориметрируют.

Определение калия проводят на пламенном фотометре из aliquоты не обесцвеченной вытяжки.

Реактивы: 1. 1% раствор углекислого аммония. Отвешивают 10 г соли и растворяют ее в 1 л дистиллированной воды. Полученный раствор должен иметь рН 9. Если рН выше 9, прибавляют углекислый аммоний, если ниже — концентрированный аммиак. Концентрацию раствора проверяют титрованием 0,1 н. раствором HCl в присутствии метилового оранжевого. Допустима концентрация углекислого аммония 1,05%.

2. Смесь 30% серной кислоты и марганцево-кислого калия. 165 мл концентрированной кислоты влить в 835 мл дистиллированной воды в термостойкой посуде. 17,5 г $KMnO_4$ растворить в 1 л дистиллированной воды. К 2,5 частям полученного раствора марганцево-кислого калия прибавить 1 часть 30% серной кислоты. Реактив готовить в день проведения анализа.

3. Шкалы образцовых растворов фосфора и калия готовят так же, как описано в методе Кирсанова, только вместо 0,2 н. HCl в

качестве растворителя используют 1% раствор углекислого аммония. При приготовлении шкалы сравнения фосфора для калибровки фотоэлектроколориметра из колб с рабочей шкалой образцовых растворов отбирают по 15 мл в 50 мл мерные колбы и доводят до метки раствором реактива Б.

При приготовлении шкалы растворов сравнения калия используют мерные колбы на 500 мл. Объемы исходных растворов для построения шкал приведены в таблицах 2.18 и 2.19.

2.18. Шкала для определения подвижных форм фосфора по методу Мачигина

Показатель	Номер образцового раствора						
	1	2	3	4	5	6	7
Объем исходного раствора фосфата, мл	0	2,5	5,0	7,5	10,0	15,0	20,0
Концентрация P_2O_5 в образцовых растворах, мг/500 мл	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
Концентрация P_2O_5 в растворах сравнения, мг/50 мл	0	0,0075	0,0150	0,0225	0,030	0,0450	0,060
Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	0	10	20	30	40	60	80

2.19. Шкала для определения подвижных форм калия по методу Мачигина

Показатель	Номер образцового раствора						
	1	2	3	4	5	6	7
Объем исходного раствора КСl, мл	0	1	3	5	10	20	30
Концентрация K_2O растворов сравнения, мг/1000 мл	0	1,0	3,0	5,0	10,0	20,0	30,0
Содержание K_2O в почве, мг/кг	0	20	60	100	200	400	600

2.5.3. Определение подвижных форм биофильных микроэлементов

Валовое содержание биофильных микроэлементов в почвах составляет единицы, десятки, реже сотни мг/кг (тысячные, десятитысячные и реже сотые доли процента). Диагностика условий питания растений приводится не по валовому содержанию (как и макроэлементов), а по содержанию подвижных форм. Для определения подвижных форм микроэлементов применяют различные экстрагенты (вытяжки), которые зависят как от свойств микроэлемента, так и от свойств почв и, прежде всего, реакции среды и наличия карбонатов (табл. 2.20).

2.20. Вытяжки, рекомендуемые для извлечения подвижных форм микроэлементов из почв

Элемент	Экстрагируемый раствор	Отношение почвы к раствору	Время взаимодействия почвы с раствором	Почвы, для которых применим метод	Автор метода	Автор используемой модификации
Бор	H ₂ O	1:5	5 мин при кипячении	Все почвы	Бергер и Труог	Веригина и др.
Молибден	Оксалатный буферный раствор, pH 3,3 (реактив Тамма)	1:10	1 ч при взбалтывании на ротаторе	То же	Григг	Веригина и др., Круглова
Марганец	0,1 н. H ₂ SO ₄	1:10	То же	Некарбонатные и малокарбонатные (4% CO ₂) почвы Нечерноземной зоны, красноземы	Пейве и Ринькис в др. модификации ЦИНАО	Веригина и др.
Медь	1M KCl	1:10 1:20 для торфяных почв	То же	То же	То же	То же
Цинк	1M KCl	1:10	То же	То же	То же	
Кобальт	1M HNO ₃	1:10 1:20 для торфяных почв	То же	То же	То же	
Марганец, цинк, медь, кобальт	Ацетатный буферный раствор, pH 4,8	1:10	То же	Карбонатные почвы Нечерноземной зоны степи, полупустыни, пустыни Средней Азии	Крупский и Александрова	То же
Марганец, цинк, медь, кобальт	Ацетатный буферный раствор, pH 3,5	1:5	30 мин на ротаторе	То же	Круглова	То же

Для анализа берут навески воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито 2 мм. Для приготовления вытяжек используют реактивы марки о.ч. или х.ч., бидистиллированную воду, посуду кварцевую или из борсиликатного стекла. Окончательное определение микроэлементов проводят в зависимости от вида микроэлемента и возможностей лаборатории: атомно-абсорбционным ме-

тодом, методом атомной эмиссионной спектроскопии, спектрофотометрии, классическими химическими методами анализа и др.

2.5.4. Группировки обеспеченности почв элементами питания

2.21. Группировка почв по содержанию обменного калия

Группа почв*	Содержание обменного калия	K ₂ O, мг на 100 г почвы			
		по Кирсанову	по Масловой	по Чирикову, для некарбонатных черноземов	по Мачигину, для карбонатных черноземов, каштановых и др почв
		Для дерново-подзолистых и серых лесных почв			
1	Очень низкое	менее 4	менее 5	менее 2	менее 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	более 25	более 30	более 18	более 40

*2 — низкое для зерновых культур; 3 — низкое для кормовых и картофеля; 4 — низкое для овощных, цитрусовых, винограда.

2.22. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора

Группа почв*	Содержание подвижных форм фосфора	P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы		
		По Кирсанову (в 0,2 н HCl), для дерново-подзолистых и серых лесных почв	По Чирикову (в 0,05 н. CH ₃ COOH), для некарбонатных черноземов	По Мачигину (в 1% (NH ₄) ₂ CO ₃), для карбонатных черноземов, каштановых и др. почв
1	Очень низкое	менее 2,5	менее 2	менее 1
2	Низкое	2,5-5	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	более 25	более 20	более 6,0

*2 — низкое содержание для зерновых; 3 — низкое содержание для кормовых корнеплодов и картофеля; 4 — низкое содержание для культур большого выноса: овощи, чай, цитрусовые, виноград.

**2.23. Градации обеспеченности почв подвижными формами
микроэлементов для дерново-подзолистых почв
(Б.А. Ягодин, И.В. Верниченко, 1989)**

Эле- мент	Валовое содержа- ние, мг/кг	Почвен- ная вытяжка	Градации обеспеченности, мг/кг почвы				
			очень бедная	бедная	средняя	богатая	очень богатая
B	2-5	H ₂ O	< 0,2	0,2-0,4	0,4-0,7	0,7-1,1	> 1,1
Cu	1-40	1,0 н HCl	< 0,9	0,9-2,1	2,1-4,0	4,0-6,6	> 6,6
Mo	0,2-3,0	Оксалат- ная	< 0,08	0,08-0,14	0,14-0,30	0,30-0,46	> 0,46
Mn	1000-2000	0,1 н H ₂ SO ₄	< 1,0	1,0-25	25-60	60-100	> 100
Co	1,0-20	1,0 н HNO ₃	< 0,4	0,4-1,0	1,0-2,3	2,3-5,0	> 5,0
Zn	20-67	1,0 н KCl	< 0,2	0,2-0,8	0,8-2,0	2,0-4,0	> 4,0

**2.6. Определение солевого состава водной вытяжки
и степени засоления почв**

Содержание водорастворимых солей в обычных почвах (дерново-подзолистые, черноземы и др.) составляет сотые и десятые доли процента. В засоленных почвах содержание солей может достигать нескольких процентов. Наиболее распространенными водорастворимыми солями в почвах являются карбонаты, хлориды и сульфаты натрия, магния и кальция (NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃, CaSO₄, CaCl₂, MgSO₄, MgCl₂). Общую сумму водорастворимых солей можно оценить по плотному (сухому) остатку. Водные вытяжки анализируют сразу же после их получения, поскольку со временем может измениться рН и концентрация карбонатных ионов в связи с поглощением CO₂ из воздуха.

2.6.1. Приготовление водной вытяжки

Взвешивают на теххимических весах 50 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито в 1 мм, переносят ее в колбу на 250-300 мл, приливают 250 мл дистиллированной воды, лишенной CO₂, закрывают пробкой, взбалтывают 3 мин. и фильтруют через двойной складчатый фильтр в колбу на 250 мл. Суспензию выливают на фильтр, стараясь перенести возможно большее количество почвы. Первые 10 мл фильтрата собирают в отдельный стакан и выбрасывают. Если фильтрат мутный, его перефильтровывают до тех пор, пока он не станет прозрачным. Анализ фильтрата начинают с определения щелочности и хлорид-ионов.

2.6.2. Определение плотного (сухого) остатка

Сухим, или плотным остатком называют массовую долю (%) высушенного при 105°C остатка, полученного выпариванием аликвоты водной вытяжки. 50 мл водной вытяжки помещают в предварительно высушенный при 105°C и взвешенный на аналитических весах стеклянный бюкс (если предполагается определять затем прокаленный остаток, то используют вместо бюкса фарфоровую чашку). Содержимое бюкса или чашки выпаривают на этернитовой плитке или водяной бане досуха, а затем помещают в сушильный шкаф на 3 часа с температурой 105°C. Охлажденный в эксикаторе бюкс взвешивают на аналитических весах. Расчет проводят по формуле:

$$\text{Сухой остаток, \%} = \frac{m_1 \cdot V \cdot 100 \cdot K_w}{V_1 \cdot m},$$

где m_1 и m — масса сухого остатка и навеска почвы (г); V и V_1 — объем добавленной к почве воды и объем аликвоты вытяжки, взятой для анализа (мл); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Форма записи результатов

№ пробы	Навеска почвы, г	Объем вытяжки, мл		Масса чашки, г		Масса сухого остатка, г	Сухой остаток, %
		общий	взятый для анализа	с остатком	пустой		
21	50	250	25	25,61	25,17	0,44	8,80

2.6.3. Определение общей щелочности и щелочности, обусловленной нормальными карбонатами (CO_3^{2-}) и гидрокарбонат-ионами (HCO_3^-)

Традиционно щелочность связывают с карбонат-ионами (CO_3^{2-}) и гидрокарбонат-ионами (HCO_3^-). Щелочность, обусловленную карбонат-ионами, определяют титрованием кислотой по фенолфталеину, а общую — титрованием кислотой по метилоранжу. По разности можно найти щелочность, обусловленную ионами HCO_3^- .

Ход анализа. В конические колбы вместимостью 150-250 мл помещают 25 мл водной вытяжки, добавляют 2 капли фенолфталеина и, если раствор окрасился в розовый цвет, его титруют 0,01 н. H_2SO_4 до обесцвечивания. Затем в колбы добавляют 2 капли метилового оранжевого и титруют той же кислотой до перехода

желтой окраски в оранжевую. Титрование проводят со свидетелем, который готовят, добавляя к 25 мл водной вытяжки или воды две капли метилового оранжевого.

Расчет количества карбонат-ионов ($1/2 \text{CO}_3^{2-}$) проводят по формуле:

$$\text{CO}_3^{2-}, \text{ ммоль (-)/100 г почвы} = \frac{2V_k \cdot n \cdot V \cdot K_w}{V_1 \cdot m},$$

где V_k — объем кислоты, пошедшей на титрование по фенолфталеину (мл); n — молярная концентрация эквивалентов серной кислоты ($1/2 \text{H}_2\text{SO}_4$) (ммоль/мл); V и V_1 — объем добавленной к навеске почвы воды и объем аликвоты, взятой для титрования (мл); m — навеска почвы (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Для пересчета в % полученный результат умножают на молярную массу эквивалента карбонат-иона — 0,03 г/ммоль.

Общую щелочность рассчитывают по уравнению:

$$\text{Щ}_{\text{общ}} = \frac{(V_k + V_2) \cdot n \cdot V \cdot 100 \cdot K_w}{V_1 \cdot m},$$

где $\text{Щ}_{\text{общ}}$ — общая щелочность (мг-экв/100 г; в СИ — ммоль (-)/100 г почвы); V_2 — объем кислоты, пошедшей на второе титрование той же аликвоты вытяжки по метилому оранжевому (мл).

При пересчете общей щелочности в % условно принимают, что она связана только с ионами HCO_3^- , поэтому полученный результат умножают на молярную массу эквивалента гидрокарбонат-иона — 0,061 г/ммоль.

Щелочность, обусловленную HCO_3^- , рассчитывают по формуле:

$$\text{HCO}_3^-, \text{ ммоль (-)/100 г почвы} = \frac{(V_2 - V_k) \cdot n \cdot V \cdot 100 \cdot K_w}{V_1 \cdot m}.$$

Обозначения те же, что и в предыдущих формулах.

Форма записи результатов

№ пробы	Навеска почвы, г	Объем вытяжки, мл		H_2SO_4			CO_3^{2-}		Общая щелочность	
		общий	взятый для анализа	н.	Объем мл, пошедший на титрование		ммоль (-)/100 г почвы	%	ммоль (-)/100 г почвы	%
					по фенолфталеину	по метилоранжу				
15	50	250	25	0,02	0,15	1,75	0,12	0,004	0,76	0,046

2.6.4. Определение хлор-иона argentометрическим методом, по Мору

Ход анализа. В стакан с раствором, в котором определяли щелочность, прибавляют 1 мл 10% раствора хромовокислого калия (K_2CrO_4) и титруют 0,02 н. раствором $AgNO_3$ до появления красновато-бурой окраски. Для точного определения конца титрования рядом помещают второй стакан, содержащий такое же количество водной вытяжки и K_2CrO_4 .

Сущность метода заключается в том, что при прибавлении азотнокислого серебра к титруемому раствору, содержащему хлор-ионы и хромовокислый калий, при нейтральной реакции среды образуется хлористое серебро (нерастворимый белый осадок). Как только весь хлор-ион свяжется в хлористое серебро, каждая последующая капля $AgNO_3$ будет вступать в реакцию с K_2CrO_4 . При этом образуется осадок хромовокислого серебра (Ag_2CrO_4) красновато-бурого цвета, появление которого показывает окончание титрования. Последовательность образования $AgCl$ и Ag_2CrO_4 связана с величинами произведений их растворимости.

Содержание хлор-иона вычисляют по формуле:

$$Cl^-, \text{ ммоль (-)/100 г} = \frac{V_c \cdot n \cdot V \cdot 100 \cdot K_w}{V_1 \cdot m},$$

где V_c — объем $AgNO_3$, пошедший на титрование Cl^- (мл); n — молярная концентрация эквивалентов $AgNO_3$ (ммоль/мл); V_1 — объем аликвоты (мл); V — общий объем воды, добавленной к почве (мл); m — масса навески почвы (г); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Для пересчета результатов анализа в %, полученный результат умножают на молярную массу эквивалента Cl^- , которая равна 0,0355 г/моль.

Форма записи результатов

№ пробы	Объем, мл		$AgNO_3$		Содержание Cl^-	
	общий	взятый для анализа	н.	объем, пошедший на титрование, мл	ммоль (-)/100 г почвы	%
15	250	10	0,02	6,62	6,76	0,24

2.6.5. Определение сульфат-иона гравиметрическим методом

Сущность метода заключается в осаждении сульфат-ионов раствором $BaCl_2$ в виде $BaSO_4$. Во избежание осаждения других солей бария и получения крупнокристаллического осадка осаждение сульфат-ионов необходимо проводить из горячего подкисленного раствора. Содержание сульфат-иона определяют по массе прокаленного осадка.

Перед количественным определением сульфат-ионов проводят качественную пробу на его наличие в водной вытяжке. Подкисляют 10 мл водной вытяжки 1-2 каплями 10% раствора HCl , прибавляют около 1 мл 10% раствора $BaCl_2$ и нагревают до кипения. Если раствор не мутнеет, SO_4^{2-} отсутствует; если помутнение слабое, содержатся "следы" SO_4^{2-} ; если выпадает осадок, необходимо количественное определение.

Ход анализа. Берут пипеткой 10-50 мл (в зависимости от величины осадка) водной вытяжки в химический стакан на 100 мл, подкисляют 1-2 мл 10% раствора HCl и нагревают до кипения. Осаждают сульфат-ионы горячим 10% раствором $BaCl_2$, прибавляя его по каплям из пипетки в количестве 1-5 мл и тщательно размешивая каждую каплю осадителя. Стакан закрывают часовым стеклом, кипятят 2-3 мин. и оставляют на 2-3 ч в теплом месте.

Осадок отфильтровывают через плотный фильтр, промывают его горячей водой, подкисленной 10% HCl , до исчезновения реакции на Ba (проба с 10% H_2SO_4). Осадок с фильтром подсушивают, помещают в предварительно взвешенный, прокаленный тигель и ставят в горячую муфельную печь для прокаливания при температуре не выше 600-700°C в течение 25-30 мин, до тех пор пока осадок не станет белым. Затем тигель охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Результаты анализа вычисляют по формуле:

$$SO_4^{2-}, \% = \frac{m_1 \cdot V \cdot 100 \cdot 96,064}{V_1 \cdot m \cdot 233,404},$$

где m_1 — масса осадка $BaSO_4$ (г); V и V_1 — объемы добавленной к почве воды и аликвоты водной вытяжки (мл); m — навеска почвы (г); 96,064 и 233,404 — молекулярные массы SO_4^{2-} и $BaSO_4$.

Для перерасчета в мг-экв (в системе СИ — ммоль (-))/100 г почвы) полученный результат делят на молярную массу эквивалента сульфат-иона $M (1/2 SO_4^{2-})$, которая равна 0,048 г/ммоль (-).

2.6.6. Определение ионов кальция и магния комплекснометрическим методом

Комплексон III (трилон Б) представляет собой двухзамещенную натриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты. Это соединение с ионами двухвалентных металлов образует прочные комплексы. Если в водную вытяжку, содержащую ионы кальция и магния, добавить индикатор, дающий цветные соединения с этими ионами (мурексид, эриохром черный), а затем титровать трилоном Б, то из-за связывания указанных ионов окраска изменяется. Для устранения влияния других металлов (меди, железа, марганца и др.) добавляют сульфид натрия или диэтилдитиокарбаминат натрия, гидроксилламин. Вначале определяют сумму ионов кальция и магния, используя индикатор эриохром черный, а затем кальций с применением индикатора мурексида. По разности находят содержание ионов магния.

Определение суммы кальция и магния. В две конические колбы на 250 мл пипеткой помещают по 15 мл водной вытяжки, приливают 85 мл дистиллированной воды, лишенной ионов кальция, подкисляют разбавленной 1:1 соляной кислотой до перехода окраски конго в сине-фиолетовую и кипятят 2-3 мин. После охлаждения в колбу добавляют гидроксилламин (5-10 капель), сульфид натрия (2-3 капли), аммиак до перехода сине-фиолетовой окраски бумаги конго в красную. В колбы прибавляют по 20 мл хлоридно-аммиачного буферного раствора и по 10-15 капель эриохрома черного до окрашивания раствора в вишнево-красный цвет. Титруют содержимое одной из колб 0,01 н. раствором трилона Б. Вторая колба служит для сравнения окраски.

При титровании раствор все время перемешивают. Вишнево-красный цвет жидкости вблизи точки эквивалентности приобретает лиловую окраску, после чего титруют медленно. Конец титрования устанавливают при переходе окраски в синюю.

Определение кальция. В две конические колбы на 250 мл пипеткой помещают по 15 мл водной вытяжки, приливают 85 мл дистиллированной воды и подкисляют разбавленной 1:1 соляной кислотой до перехода окраски конго в сине-фиолетовую и кипятят 2-3 мин. После охлаждения в колбу добавляют гидроксилламин (5-10 капель), сульфид натрия (2-3 капли), 5 мл 10% раствора КОН или NaOH, вносят мурексид (0,2-0,3 г). Раствор окрашивается в ярко-розовый цвет. Титруют содержимое из колб 0,05 н. раствором трилона Б до перехода ярко-розовой окраски в фиолетовую (лиловую). Отметив количество трилона Б, пошедшее на титрование, добавляют в колбу избыток трилона и оттитровывают

содержимое второй колбы, используя в качестве свидетеля первую колбу с перетитрованным раствором.

Содержание ионов кальция и магния вычисляют по формулам:

$$\text{Ca}^{2+}, \text{ ммоль (+)/100 г почвы} = \frac{V_1 \cdot M \cdot V \cdot 2 \cdot 100 \cdot K_w}{V_{\text{ал}} \cdot m},$$

$$\text{Mg}^{2+} (\text{ммоль (+)/100 г почвы}) = \frac{(V_2 - V_1) \cdot M \cdot V \cdot 2 \cdot 100 \cdot K_w}{V_{\text{ал}} \cdot m},$$

где V_1 и V_2 — объемы трилона Б, пошедшие соответственно на титрование кальция и суммы кальция и магния (мл); M — молярная концентрация трилона Б (ммоль/мл); V и $V_{\text{ал}}$ — объемы общего количества воды, добавленного к почве и взятого для титрования (мл); m — навеска почвы (г); коэффициент 2 введен для перевода числа миллимолей атомов элементов в число миллимолей эквивалентов Ca^{2+} и Mg^{2+} ; K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Для пересчета в % необходимо полученные результаты умножить соответственно на молярные массы эквивалента кальция (0,02 г/моль) и эквивалента магния (0,012 г/ммоль).

Реактивы:

1) 0,01 М раствор комплексона III. Раствор готовят из фиксанала или растворяют 3,72 г натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты в 1 л дистиллированной воды. В последнем случае молярную концентрацию устанавливают по 0,01 М раствору сульфата магния, который готовят из фиксанала. 2) Гидроксиламин солянокислый. 3) 1% раствор Na_2S . 4) 20% раствор NaOH или KOH . 5) Мурексид. Смесь 1 части индикатора с 40 частями NaCl или KCl растирают в ступке. 6) Эриохром черный. Смесь 1 части индикатора с 40 частями NaCl или KCl растирают в ступке. 7) Хлоридно-аммиачный буферный раствор с pH 10. В 100 мл дистиллированной воды растворяют 20 г NH_4Cl . К раствору приливают 100 мл 25% раствора аммиака и разбавляют дистиллированной водой до 1 л.

Форма записи результатов

№ пробы	Навеска почвы, г	Объем вытяжки, мл		Раствор комплексона III			Ca^{2+}		Mg^{2+}	
		общий	взятый для анализа	М	объем, пошедший на титрование		ммоль (+) / 100 г почвы	%	ммоль (+) / 100 г почвы	%
					Ca^{2+}	Mg^{2+}				
15	50	250	25	0,01	10,65	4,55	4,26	0,085	1,82	0,022

Определение ионов натрия и калия в водных вытяжках. В настоящее время ионы калия и натрия в водных вытяжках определяют методами атомной спектроскопии, эмиссионной фотометрии пламени и пламенным атомно-абсорбционным методом. Их суммарное количество можно определить по разности, вычитая из суммы миллимолей эквивалентов анионов сумму миллимолей эквивалентов кальция и магния.

2.6.7. Оценка степени засоления почв по содержанию токсичных солей

В водные вытяжки из почв переходят не только легкорастворимые соли, но и средне- и труднорастворимые, такие как гипс и кальцит. К токсичным относят только легкорастворимые соли, растворимость которых превышает 10 г в 100 г воды. Свойства легкорастворимых солей проявляют карбонаты и гидрокарбонаты калия и натрия, хлориды и сульфаты калия, натрия и магния, хлориды кальция, а также нитраты и нитриты щелочных и щелочно-земельных металлов. Эти соли увеличивают осмотическое давление почвенной влаги, снижают ее доступность растениям, оказывают токсичное действие и нарушают сбалансированное питание растений. Классификации степени засоления разработаны как на основе общего содержания солей в водной вытяжке, так и на основе содержания токсичных солей (табл. 2.24). Содержание токсичных солей определяют расчетным способом. При этом исходят из того, что ионы Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , CO_3^{2-} переходят в водные вытяжки при растворении токсичных солей, а ионы HCO_3^- , SO_4^{2-} и Ca^{2+} — при растворении как токсичных (NaHCO_3 , Na_2CO_3 , MgSO_4), так и нетоксичных (гипс, кальцит) солей.

Содержание токсичных солей рассчитывают по уравнениям:

$$\text{HCO}_3^- \text{токс.} = \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}, \text{ если } \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+},$$

$$\text{SO}_4^{2-} \text{токс.} = \text{SO}_4^{2-} - (\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-), \text{ если } \text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+},$$

$$\text{Ca}^{2+} \text{токс.} = \text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4 - \text{HCO}_3^-,$$

где HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} — общее количество эквивалентов ионов, которое определено в водной вытяжке (ммоль (экв)/100 г почвы); $\text{HCO}_3^- \text{токс.}$, $\text{SO}_4^{2-} \text{токс.}$, $\text{Ca}^{2+} \text{токс.}$ — количество эквивалентов ионов токсичных солей (ммоль(экв)/100 г почвы). Содержание эквивалентов токсичных солей пересчитывают в массовые доли (%) токсичных солей; их суммируют и получают сумму токсичных солей, по которой оценивают степень засоления почв (табл. 2.24).

**2.24. Классификация почв по содержанию токсичных солей,
% к массе почвы (по Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой)**

Степень засоления почвы	Тип засоления						
	хлоридный $Cl^-:SO_4^{2-} \geq 2,5$	сульфатно-хлоридный $Cl^-:SO_4^{2-} = 2,5-1$	содово-хлоридный и хлоридно-содовый $Cl^-:SO_4^{2-} > 1, HCO_3^- \leq Cl^- *$	содово-сульфатный и сульфатно-содовый $Cl^-:SO_4^{2-} \leq 1, HCO_3^- \leq SO_4^{2-}$	хлоридно-сульфатный $Cl^-:SO_4^{2-} \leq 1-0,3$	сульфатный $Cl^-:SO_4^{2-} \leq 0,3$	сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатный щелочно-земельный $HCO_3^-:Cl^- > 1, HCO_3^-:SO_4^{2-} < 1$
Незасоленные	< 0,03	< 0,05	< 0,1	< 0,15	< 0,10	< 0,15	< 0,15
Слабозасоленные	0,03-0,10	0,05-0,12	0,10-0,15	0,15-0,25	0,10-0,25	0,15-0,30	0,15-0,30
Среднезасоленные	0,10-0,30	0,12-0,35	0,15-0,30	0,25-0,35	0,25-0,50	0,30-0,60	0,30-0,50
Сильнозасоленные	0,30-0,60	0,35-0,70	0,30-0,50	0,35-0,60	0,50-0,90	0,60-1,40	Не встречается
Очень сильно-засоленные (солончаки)	> 0,6	> 0,7	> 0,5	> 0,6	> 0,9	> 1,4	То же

* Содержаниe HCO_3^- в водной вытяжке должно быть больше $Ca+Mg$.

Для пересчета в массовые доли (%) количество эквивалентов ионов ммоль (экв)/100 г почвы умножают на молярную массу эквивалентов ионов, которые равны: для CO_3^{2-} — 0,03; HCO_3^- — 0,061; Cl^- — 0,0355; SO_4^{2-} — 0,048; Mg^{2+} — 0,0122; Na^+ — 0,0230; K^+ — 0,0391; Ca^{2+} — 0,0204.

Для приближенной оценки суммы токсичных солей предложена эмпирическая формула:

$$\text{Сумма токсичных солей, \%} = \frac{\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}}{15}$$

Определение степени засоления почв по “суммарному эффекту” токсичных ионов

Наибольшей токсичностью обладает содовое засоление, в меньшей степени — хлоридное и самой низкой — сульфатное.

“Суммарный эффект” ионов, обладающих разной токсичностью, выражают в эквивалентах хлора, исходя из следующих соотношений:

$$1\text{Cl}^- = 0,1\text{CO}_3^{2-} = (2,2 - 3,0)\text{HCO}_3^- = (5,0 - 6,0)\text{SO}_4^{2-}$$

Степень засоления определяют по шкале, представленной ниже.

Оценка степени засоления почв по “суммарному эффекту” токсичных ионов

Степень засоления	Показатели «суммарного эффекта»
Незасоленные	менее 0,3
Слабозасоленные	0,3-1,0 (1,5)
Среднезасоленные	1,0 (1,5) — 3,0 (3,5)
Сильнозасоленные	3,0 (3,5) — 7,0 (7,5)
Очень сильнозасоленные	более 7,0 (7,5)

Низшие показатели “суммарного эффекта” используют для почв, не содержащих гипс, а высшие — для почв с присутствием гипса.

2.6.8. Оценка степени засоления по удельной электрической проводимости фильтратов из насыщенных водой почвенных паст

Ход анализа. 200 г почвы помещают в пластиковый контейнер и добавляют дистиллированную воду при перемешивании шпателем. Воду добавляют до тех пор пока смесь почвы и воды не будет удовлетворять ряду требований:

- паста должна обладать слабой текучестью при наклоне сосуда;
- паста должна не прилипать, а слегка скользить по шпателью;
- поверхность пасты должна блестеть;
- на поверхности пасты через 3-4 часа не должно быть свободной воды.

Сухие торфяные почвы предварительно пропитывают водой в течение 10-12 часов, а затем готовят из них пасты.

Через 4-5 часов после приготовления пасты ее переносят в воронку Бюхнера с предварительно вложенным в нее фильтром и получают фильтрат отсасыванием под вакуумом. Отсасывание прекращают, когда через пасту пройдет воздух.

На каждые 25 мл фильтрата добавляют 1 каплю 0,1% раствора гексаметафосфата натрия (NaPO_3)₆.

Измеряют кондуктометром удельную электрическую проводимость фильтратов из паст.

Почвы, удельная электропроводность фильтратов из паст которых составляет 2-4 мСм/см (миллисименс на сантиметр), относят к очень слабозасоленным; 4-8 — к слабозасоленным; 8-15 — к средnezасоленным; более 15 мСм/см — к сильнозасоленным.

По величине удельной электропроводности можно примерно оценить концентрацию солей в фильтратах из паст по формуле:

$$C, \text{ мг/л} = 0,64 \cdot 10^3 EC (\text{мСм/см}),$$

где EC — удельная электропроводность (мСм/см).

2.6.9. Задание 6. Интерпретация результатов анализа водной вытяжки

На основании данных анализа водной вытяжки, представленных в табл. 2.25, выполнить следующие работы:

1. Сделать пересчет данных анализа в ммоль (экв)/100 г почвы (образцы 1-7); в % (образцы 8-14).
2. Определить тип засоления по катионному и анионному составу.
3. Рассчитать содержание токсичных солей в % к массе почвы.
4. Определить степень засоления почв по сумме токсичных солей, определенных расчетным способом и по эмпирической формуле; по “суммарному эффекту” токсичных ионов.

2.25. Данные анализа водной вытяжки

№ образца	Сумма ионов, %	Ионы, % к массе сухой почвы						
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ и K ⁺ , по разности
1	1,46	нет	0,013	0,049	0,983	0,272	0,053	0,094
2	0,82	0,072	0,484	0,024	0,079	0,0060	0,004	0,223
3	0,61	нет	0,085	0,063	0,272	0,040	0,007	0,144
4	2,27	0,005	0,071	0,389	1,073	0,059	0,051	0,628
5	0,49	нет	0,023	0,021	0,305	0,030	0,030	0,076
6	1,60	нет	0,015	0,049	0,988	0,274	0,054	0,098
7	0,48	нет	0,060	0,130	0,050	0,010	0,11	0,120
ионы, ммоль (экв) / 100 г почвы								
8	112,70	нет	0,50	32,04	23,81	18,10	12,66	25,59
9	63,70	нет	0,36	25,10	6,39	2,35	11,50	18,00
10	106,20	нет	0,30	32,10	20,70	19,80	7,40	25,90
11	69,76	нет	0,20	11,40	23,28	13,63	3,25	18,00
12	87,4	нет	0,32	7,80	35,58	12,35	2,25	29,20
13	101,52	нет	0,18	21,20	29,38	14,88	5,88	30,00
14	44,4	нет	0,36	13,54	8,30	6,51	4,46	11,19

2.7. Определение карбонатов и гипса в почвах

2.7.1. Определение карбонатов алкалиметрическим методом, по Козловскому

Навеску почвы, пропущенной через сито в 0,25 мм, массой 0,25-2 г переносят в сухую коническую колбу на 250 мл, помещая почву около стенки колбы. При высоком содержании карбонатов (проба на вскипание) навеску почвы рекомендуется смочить 1-2 каплями воды, чтобы замедлить течение реакции в последующем, при добавлении кислоты, и предотвратить разгерметизацию колбы. В колбу ставят сухой фарфоровый тигель, в который пипеткой наливают 5 мл 2М раствора HCl. Затем в колбу помещают пробирку диаметром 25 и высотой около 90 мм с 5 мл титрованного 0,4 М раствора NaOH. Пробирку прислоняют к стенке колбы, а колбу сразу же закрывают предварительно смоченной в воде резиновой пробкой. Затем колбу наклоняют и опрокидывают тигель с кислотой. Спустя 30 мин, круговыми движениями смесь почвы и кислоты перемешивают и равномерно распределяют по дну колбы. Все операции проводят осторожно, чтобы не выплеснуть из пробирки раствор NaOH. Через 4-5 ч. колбу открывают, вынимают пробирку со щелочью, ополаскивают ее водой из промывалки с внешней стороны, осушают фильтровальной бумагой. В

пробирку прибавляют 2 капли фенолфталеина и 1 мл насыщенного раствора $BaCl_2$. Избыток $NaOH$ титруют 0,2 М раствором HCl до исчезновения розовой окраски. Одновременно проводят контрольный опыт без почвы. Содержание CO_2 карбонатов рассчитывают по уравнению:

$$CO_2 = \frac{(V - V_1) \cdot M \cdot 0,022 \cdot 100 \cdot K_w}{m},$$

где V и V_1 — объемы кислоты, пошедшей на титрование раствора $NaOH$ в контрольном опыте и с почвой (мл); M — молярная концентрация HCl (ммоль/мл); m — масса навески (г); 0,022 — молярная масса эквивалента диоксида углерода ($1/2 CO_2$), г/моль; K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

2.7.2. Определение гипса

Сущность метода заключается в извлечении гипса из почвы 0,2 н. раствором HCl с последующим осаждением сульфат-ионов хлористым барием.

Ход анализа. Навеску почвы в 1-5 г (в зависимости от содержания гипса), просеянной через сито 0,25 мм, заливают в стакане на 100 мл 0,25 н. раствором HCl (20-30 мл), тщательно перемешивают и оставляют до следующего дня. Затем почву отфильтровывают и многократной декантацией отмывают 0,2 н. раствором HCl до исчезновения реакции на ион SO_4^{2-} (проба с $BaCl_2$). Собирают фильтрат в стакан и выпаривают до объема 150-200 мл. Избыток соляной кислоты нейтрализуют 10% раствором аммиака, фильтрат подкисляют 10% раствором HCl до кислой реакции, подогревают до кипения и осаждают сульфат-ионы горячим 10% раствором $BaCl_2$, который приливают из пипетки медленно, по каплям, в количестве 10 мл. Осадок оставляют на 2 часа в теплом месте. На другой день осадок фильтруют через плотный фильтр, промывают горячей водой, подкисленной несколькими каплями 10% раствора HCl , до исчезновения реакции на Ba (проба с 10% раствором H_2SO_4). Если при промывании осадок $BaSO_4$ начинает проходить через фильтр, фильтрат перефильтровывают. Фильтр с осадком переносят во взвешенный тигель и прокаливают при температуре не выше $600^\circ C$ в течение 25 мин. Охлаждают тигель в эксикаторе и взвешивают.

Вычисляют результаты анализа по формуле:

$$SO_4^{2-}, \% = \frac{m_1 \cdot 0,4114 \cdot 100 \cdot K_w}{m} - SO_4^{2-} \text{ водн.},$$

где m_1 — масса осадка Ba_2SO_4 (г); 0,4114 — коэффициент пересчета на ион SO_4^{2-} ; m — навеска почвы (г); SO_4^{2-} водн. — содержание SO_4^{2-} в водной вытяжке (%); K_w — коэффициент пересчета на сухую почву.

Для пересчета в $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ полученный результат умножают на 1,79.

3. Полевые и стационарные методы исследования почв

3.1. Определение полевой влажности

Для определения полевой влажности пробы отбирают специальным игольчатым буром (рис. 3.1) или ножом со стенки разреза (рис. 3.2). Образцы берут в 3-х кратной повторности из каждого 10-см слоя до глубины 50 см и из каждого 20-см слоя до 100 см и глубже. 10-20 г почвы помещают в предварительно взвешенные алюминиевые стаканчики, плотно закрывают крышкой, быстро доставляют в лабораторию, взвешивают на техно-химических весах с точностью до 0,01 г. Крышки открывают, стаканчики с почвой помещают в сушильный шкаф и сушат до постоянной массы при температуре 100-105°C. Первый раз почву взвешивают через 3 час, для чего стаканчики с почвой щипцами извлекают из сушильного шкафа, закрывают крышками и помещают в эксикатор с $CaCl_2$ для охлаждения на 20-30 мин. После охлаждения до комнатной температуры их взвешивают, открывают крышки и помещают в сушильный шкаф для дополнительной сушки. Через 1-2 часа их вновь извлекают из шкафа, охлаждают и снова взвешивают. Когда установится постоянная масса сушку и взвешивания прекращают. Полевую влажность определяют по формуле:

$$W = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

где W — полевая влажность (%); m_1 — масса испарившейся влаги (г); m — масса сухой почвы (г).

Коэффициент пересчета результатов анализа влажной почвы на сухую вычисляют по формуле:

$$K_w = \frac{100 + W}{100}.$$

Приборы и оборудование: почвенный нож, игольчатый бур, алюминиевые стаканчики, техно-химические весы, сушильный шкаф, щипцы, эксикатор с CaCl_2 .

3.2. Определение плотности почвы с помощью бура-цилиндра

Под плотностью почвы понимают отношение массы сухой почвы ненарушенного сложения к единице объема. Оно характеризует плотность сложения почвы.

Для взятия образца почвы с ненарушенным сложением используют предварительно взвешенные буры-цилиндры с крышками объемом около 500 см^3 для пахотного слоя и уплотненных слоев, около 100 см^3 — для плотных горизонтов. Отбор образцов производится в 5-кратной повторности для пахотного слоя и в 3-кратной — из каждого 10-см слоя до глубины 50 см и из каждого 20-см слоя до глубины 100 см. Образцы начинают брать с ненарушенной поверхности на одной из стенок разреза. После взятия образцов из верхнего 10-см слоя его снимают лопатой полностью и берут образцы из следующего слоя.

Техника взятия образцов. Снимают с цилиндра обе крышки и врезают его в почву с помощью оголовка или деревянного бруска и молотка так, чтобы верхний край цилиндра был точно на уровне поверхности почвы. Закрывают цилиндр сверху крышкой, почву вокруг цилиндра окапывают и подрезают снизу ножом вровень с его краями, закрывают нижней крышкой и очищают боковые стенки. Параллельно берут образцы в алюминиевые стаканчики для определения полевой влажности (см. 3.1).

Взвешивают цилиндр с почвой на техно-химических весах с точностью до $0,01 \text{ г}$ и проводят необходимые расчеты.

Находят плотность почвы по формуле:

$$d_v = \frac{m}{V},$$

где d_v — плотность (г/см^3); m — масса сухой почвы (г); V — объем цилиндра (см^3).

Массу сухой почвы (m) определяют по формуле:

$$m = \frac{m_1 \cdot 100}{100 + W},$$

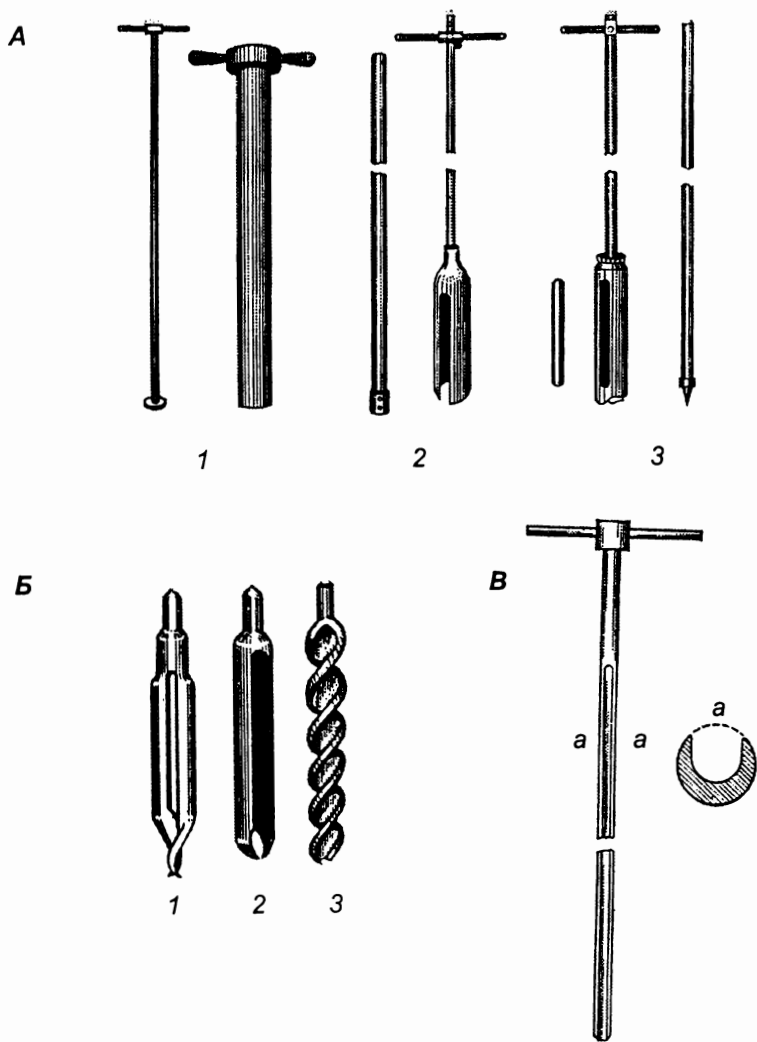


Рис. 3.1. *A* — буры для взятия проб почвы на влажность: 1 — Качинского; 2 — Измаильского; 3 — Некрасова; *Б* — рабочая часть бура Розанова (1), бура Деркульского (2), спирального (3); *В* — игольчатый бур для отбора проб на влажность почвы

где m_1 — масса влажной почвы (г); W — влажность почвы (%);

Объем цилиндра равен: $V = \pi r^2 h$,

где π — 3,14; r — радиус цилиндра (см); h — высота цилиндра (см).

Вариации техники работы в зависимости от целей и возможностей

1. После определения плотности цилиндры с почвой можно использовать для определения капиллярной влагоемкости или ППВ (см. 3.4)

2. После определения ППВ почву из цилиндров можно использовать для определения плотности твердой фазы, максимальной гигроскопической влажности, учета корней и др.

3. При большом объеме работ и небольшом количестве цилиндров почву из цилиндров можно переносить в полиэтиленовые пакеты или любые другие емкости с плотными крышками с известной массой сразу же после взятия образца в поле, а затем в лаборатории находить массу влажной почвы.

4. После взвешивания цилиндров с почвой (или других используемых емкостей) почву можно использовать для определения полевой влажности. Для этого необходимо в предварительно взвешенный алюминиевый стаканчик взять 10-20 г почвы, и далее провести определение согласно методике (см. 3.1.).

Приборы и оборудование. Набор Качинского для определения плотности почвы (рис. 3.3). При его отсутствии — буры-цилиндры емкостью около 500 см³ и около 100 см³ с двумя плотными сплошными крышками и одной сетчатой, почвенный нож, лопа-

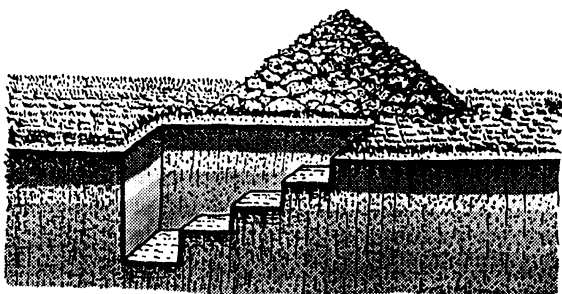


Рис. 3.2. Схема почвенного разреза

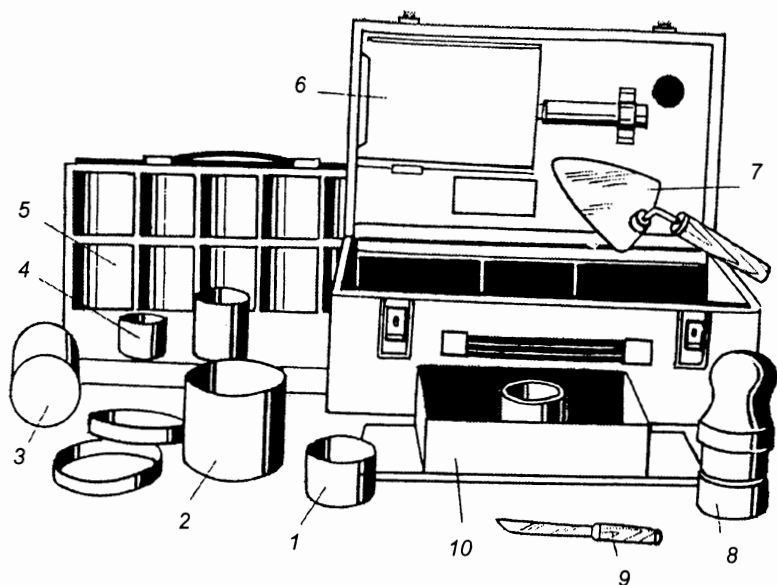


Рис. 3.3. Прибор Качинского для определения плотности почвы:
 1 и 2 — цилиндры-буры; 3 — молоток; 4 и 5 — алюминиевые банки с крышками; 6 — совок; 7 — лопаточка; 8 — шомпол; 9 — нож; 10 — направитель.

та, теххимические весы, целофановые пакеты, деревянный брусок толщиной 3-5 см, молоток, оборудование для определения полевой влажности.

3.3. Определение водопроницаемости и предельной полевой влагоемкости методом рам.

3.3.1. Определение водопроницаемости

Металлические рамы, заточенные в нижней части клином, (можно деревянные, пластиковые) с высотой стенок 20 см, внешние (защитные) размером 50x50 см и внутренние (учетные) 25x25 см врезают в почву (рис. 3.4), в них заливают воду, поддерживают ее уровень вручную и учитывают интенсивность впитывания при постоянном напоре воды за определенные интервалы времени.

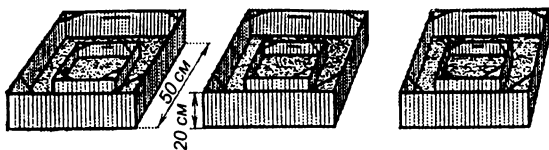


Рис. 3.4. Определение водопроницаемости методом заливки рам

Водопроницаемость определяют в 2-3-х повторениях. Расстояние между контрольными вариантами — не менее 50 см. Сначала устанавливают внешнюю раму, затем внутреннюю. По внутренней и внешней стенкам рам почву уплотняют деревянной доской или рукояткой ножа полосой в 1-2 см.

Рамы устанавливают на типичной площадке в 3-х метрах от основного разреза. Из основного разреза берут образцы почв полойно, с учетом генетических горизонтов, для определения плотности, плотности твердой фазы и полевой влажности. Образцы берут с помощью цилиндра-бура в трехкратной повторности из каждого 10-см слоя до глубины 50 см и из каждого 20-см слоя до 100 см и глубже. Образцы пересыпают в полиэтиленовые пакетики или алюминиевые стаканчики с плотной крышкой (см. 3.1, 3.2)

Учет водопроницаемости. В каждой раме устанавливают водомерную линейку, по которой следят за уровнем воды, и термометр для учета температуры воды. Наполнение повторений производят поочередно, учетные и защитные рамы заливают одновременно. Вначале воду подают вымеренными ведрами на фанерные вкладыши или травяные подушечки, пока уровень ее не достигнет 5 см в обеих рамах. С этого момента воду выливают мерными цилиндрами для поддержания постоянного уровня (5 см) и ведут учет: в первый час — каждые 10 мин, во второй и третий часы — каждые 30 мин. и далее — каждый последующий час. Водопроницаемость вычисляют для каждого интервала времени наблюдений по формуле:

$$K = \frac{Q \cdot 10}{S \cdot t},$$

где K — коэффициент фильтрации (водопроницаемость) при температуре используемой воды (мм/мин); Q — количество просочившейся воды (см³); S — площадь (см²); t — время (мин). Данные по водопроницаемости принято приводить к единой температуре 10°C, вводя в формулу расчета поправочный температурный коэффициент Хазена: 0,7 + (0,03).

С учетом поправки коэффициент фильтрации (водопроницаемость) рассчитывают по формуле:

$$K_{10} = \frac{K}{0,7 + (0,03)t^{\circ}},$$

где K_{10} — коэффициент фильтрации (водопроницаемость), приведенный к температуре 10°C (мм/мин); K — водопроницаемость при температуре используемой воды, мм/мин; t° — температура используемой воды.

Оценку водопроницаемости проводят по шкале Н.А. Качинского.

3.3.2. Определение предельной полевой влагоемкости

После определения водопроницаемости рамы накрывают полиэтиленовой пленкой и оставляют на песчаных и супесчаных почвах на сутки, суглинистых и глинистых — на 2 суток для стекания гравитационной воды. По истечении этого срока по центру заливаемых площадок отбирают образцы игольчатым буром или делают разрез и отбирают образцы в алюминиевые стаканчики для определения ППВ в трехкратной повторности из каждого 10-см слоя до глубины 50 см и из каждого 20-см слоя до 100 см и глубже. Образцы доставляют в лабораторию и определяют влажность (см. 3.1.)

Влажность, соответствующую ППВ, вычисляют в % от абсолютно сухой навески, в % от объема, в мм и м³ в слое 0-50 и 0-100 см на площади 1 га.

Расчет предельной полевой влагоемкости проводят по формуле:

$$ППВ = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

где ППВ — предельная полевая влагоемкость (% к массе почвы); m_1 — масса испарившейся влаги (г); m — масса сухой почвы (г).

Запасы влаги в слое определенной глубины на 1 га вычисляют по формуле:

$$ЗВ = ППВ \cdot h \cdot d_v,$$

где ЗВ — запасы влаги при предельной полевой влагоемкости (м³); ППВ — предельная полевая влагоемкость (%); h — мощность слоя, для которого рассчитывается влажность (см); d_v — плотность почвы (г/см³). 1 мм = 10 м³/га воды — это уравнение можно использовать для перевода м³ в мм.

3.4. Лабораторное определение капиллярной влагоемкости, полной влагоемкости (водовместимости) и предельной полевой влагоемкости

3.4.1. Определение капиллярной влагоемкости

После определения плотности почвы (см 3.2) крышки с цилиндра снимают, с нижней стороны одевают крышку с сетчатым дном (при его отсутствии обвязывают цилиндр марлей и помещают в специальную ванночку на фильтровальную бумагу, концы которой опущены в воду. Вода по фильтровальной бумаге поступает в почву и происходит ее капиллярное насыщение. После того как капиллярная влага увлажнит поверхность почвы в цилиндре полностью, что можно наблюдать визуально, цилиндр взвешивают на техно-химических весах. Капиллярную влагоемкость (KB , %) вычисляют по формуле:

$$KB = \frac{(m_1 - m - m_{B3})}{m},$$

где KB — капиллярная влагоемкость (%); m_1 — масса почвы в цилиндре после капиллярного насыщения водой (г); m — масса сухой почвы в цилиндре (г); m_{B3} — масса воды, соответствующая влажности завядания (г).

Массу сухой почвы m (г) вычисляют по формуле:

$$m = \frac{m_1 \cdot 100}{100 + W},$$

где m_1 — масса почвы в цилиндре при полевой влажности (г); W — полевая влажность (%).

Для определения массы воды, соответствующей влажности завядания ($B3$), необходимо определить максимальную гигроскопическую влажность по методике, изложенной в разделе 1.2. Для определения $B3$ показатель максимальной гигроскопической влажности умножают на коэффициент 1,5 ($B3$, % = $MГ$, % · 1,5). Полученный показатель $B3$, выраженной в %, пересчитывают в г, принимая за 100% массу сухой почвы в цилиндре.

$$m_{B3} = \frac{m \cdot B3}{100},$$

где m_{B3} — масса воды, соответствующая влажности завядания (г); m — масса сухой почвы в цилиндре (г); $B3$ — влажность завядания (%).

3.4.2. Определение полной влагоемкости (водовместимости)

После определения капиллярной влагоемкости цилиндр с крышкой с сетчатым дном ставят в сосуд на отрезки стеклянных палочек, наливают воду до верхнего уровня цилиндра с почвой. Через час приливают воды до уровня, на 1-2 см превышающего уровень цилиндра с почвой. Через 10 мин. цилиндр сверху накрывают крышкой и переворачивают, не вынимая из воды. Через 10 мин. цилиндр вынимают из воды, переворачивают, снимают сетчатое дно, одевают вторую крышку и взвешивают на техно-химических весах.

Расчет полной влагоемкости производят по формуле:

$$ПВ = \frac{(m_1 - m) \cdot 100}{m},$$

где $ПВ$ — полная влагоемкость (%); m_1 — масса почвы в цилиндре после полного насыщения водой (г); m — масса сухой почвы в цилиндре (г). Расчет массы сухой почвы в цилиндре производят так же, как при определении капиллярной влагоемкости.

3.4.3. Определение предельной полевой влагоемкости.

После определения полной влагоемкости крышки с цилиндра снимают. Для этого цилиндр переворачивают нижней частью вверх, снимают крышку сверху и вместо нее одевают крышку с сетчатым дном, затем цилиндр переворачивают и ставят в сосуд без воды на отрезки стеклянных палочек и снимают верхнюю крышку. Чтобы избежать испарения, сосуд накрывают пленкой или бумагой. После стекания гравитационной воды (примерно, 1-3 часа для легких почв, 6-15 часов — для тяжелых) цилиндр с почвой вынимают из сосуда, одевают верхнюю крышку, переворачивают, снимают сетчатое дно, одевают нижнюю крышку и взвешивают. Расчет предельной полевой влагоемкости проводят так же, как и полной.

3.5. Лизиметрический метод.

Лизиметрический метод предназначен для изучения миграции химических элементов и их соединений в почвах. Существуют два типа лизиметров: изолированные от бокового поступления влаги монолиты почв (лизиметры-контейнеры) и лизиметры-воронки открытого типа.

Лизиметры-контейнеры представляют собой цилиндрические или прямоугольные колонны из естественного или насыпного грунта, снизу и боков изолированные материалом устойчивым к действию почвенных растворов. Чаще всего такие лизиметры изготавливают из бетона или кирпича. Размеры лизиметров зависят от целей исследований: высота может составлять 0,4-1 м и более, площадь — от 0,16 до 2-4 м². Дно лизиметра имеет наклон к одной из стенок или к центру. В углублении делается водоотводное отверстие, от которого отводится трубка к приемнику для сбора воды. На дно лизиметра насыпают промытый дренаж — гравий, а затем кварцевый песок. Насыпные лизиметры заполняются сверху послойно из соответствующих генетических горизонтов.

Для заложения лизиметров с ненарушенным сложением с поверхности очерчивают площадь, соответствующую основанию колонны, которую окапывают с четырех сторон на заданную глубину. Боковые стены колонны облицовывают кирпичом или бетоном или сверху на колонну насаживают бетонную трубу соответствующих размеров. Почву у основания подрезают, и к контейнеру прикрепляют дно.

Основным недостатком лизиметров-контейнеров является искусственное устранение бокового движения воды. Главным преимуществом — возможность проведения балансовых исследований влаги, элементов питания и учета урожая выращиваемых культур.

Лизиметры-воронки устанавливаются в нишах под различными горизонтами и соединяются с бутылками-приемниками для сбора почвенных растворов. Наибольшее распространение получила конструкция лизиметров, предложенная Е.И. Шиловой (рис. 3.5.). Лизиметры представляют собой квадратные противни, по форме напоминающие совок, изготовленные из оцинкованного железа с инертным покрытием или из пластика.

В открытом почвенном разрезе (траншее) под каждым генетическим горизонтом выкапывают нишу, соответствующую по размерам лизиметру. В нишу вставляются лизиметры, которые с помощью вакуумных шлангов соединяются с бутылками-приемниками, устанавливаемыми на дне траншеи. По окончании монтажа траншея осторожно закапывается, причем почва укладывается в прежнем порядке по генетическим горизонтам. На поверхности почвы остаются только трубки, через которые откачиваются лизиметрические воды.

К недостаткам лизиметров-воронок следует отнести: 1) невозможность проведения балансовых исследований из-за различий в скорости движения влаги через естественную почву и лизиметр; 2) получение почвенных растворов возможно только при повышенной влажности, превышающей ППВ.

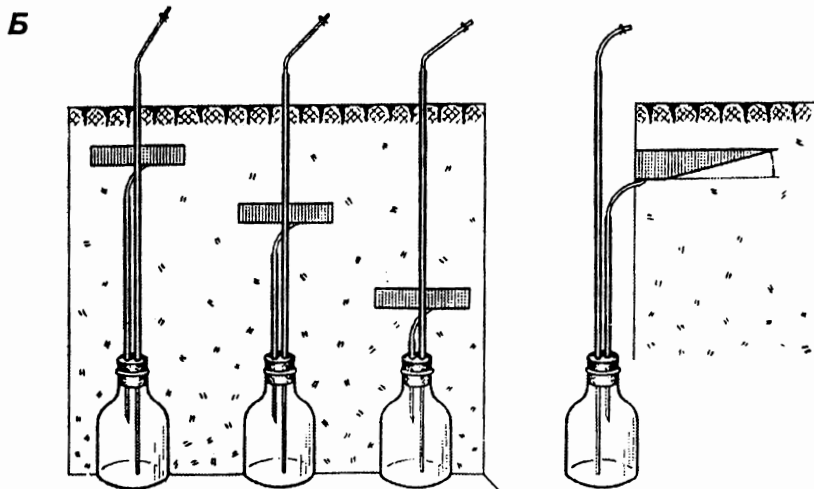
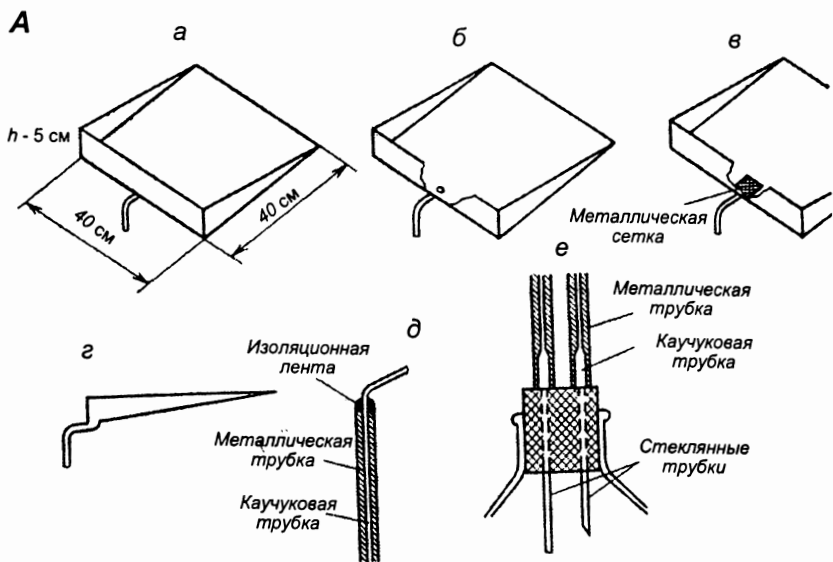


Рис. 3.5. А — лизиметры конструкции Е.И. Шиловой
а, б, в — общий вид лизиметров; *г* — вид лизиметра сбоку; *д* и *е* — трубки, через которые поступает раствор в бутылки

Б — установка лизиметров конструкции Е.И. Шиловой в почву

3.6. Методы изучения биологической активности почвы

3.6.1. Определение скорости разложения растительных остатков в капроновых пакетах

Сущность метода заключается в том, что растительные остатки (солома, корни, листья и др.) в пакетах из капроновой сетки помещают в разные горизонты почвенного профиля. О скорости разложения растительных остатков судят по потере массы за определенное время (месяц, сезон).

Растительные остатки высушивают до воздушно-сухого состояния, на техно-химических весах берут навески (50-100 г) с точностью до 0,1 г и помещают в плоские капроновые пакеты размером 20х20 см. Предварительно в капроновый пакет вставляется квадратный каркас из алюминиевой проволоки (диаметром 3-6 мм) размером 20х20 см или 15х15 см. Пакет зашивается капроновой ниткой и помещается на поверхность почвы, в пахотный или подпахотный горизонты, в зависимости от программы исследований. Через месяц (два, три месяца или в конце сезона) пакеты извлекают из почвы, очищают, высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Результаты представляют в показателях потери массы в % за определенное время. Для каждого варианта опыта должна быть пятикратная повторность. При изучении скорости разложения в динамике необходимо закладывать столько пятикратных повторностей, сколько планируется сроков наблюдений. Важное значение имеет размер ячеек в капроновых сетках. Так, сетка с размером < 0,003 мм позволяет проникать только микроорганизмам, при размере 0,5 мм проникает значительная часть микрофауны, клещи, дождевые черви проникают через ячейки диаметром 3-7 мм.

Если необходимо исключить в части вариантов опыта деятельность животных, их посыпают нафталином (метод Г.В. Курчевой), который отпугивает микро- и мезофауну, но не угнетает бактерии и грибы. Таким образом в опытах можно вычленить влияние микрофлоры и микрофауны на процессы разложения растительных остатков.

3.6.2. Определение интенсивности разложения целлюлозы в почве по методу Е.Н. Мишустина и А.Н. Петровой

Сущность метода заключается в сравнительной характеристике биологической активности разных объектов (разностей почв, вариантов опыта) по интенсивности разложения льняной ткани, натянутой на стеклянную пластинку.

Нарезают полоски льняной ткани, взвешивают их и обтягивают хорошо вымытые хромовой смесью и водой стеклянные пластины. Одну сторону стеклянной пластины обтягивают льняным полотном, концы которого сшивают на другой стороне стекла так, чтобы ткань плотно прилегала к стеклу. При закладывании стекол в почву обтянутую тканью сторону плотно прикладывают к вертикальному срезу почвы, вторую сторону присыпают почвой и уплотняют до исходного состояния. Все работы, во избежание загрязнения стекла и ткани, рекомендуется проводить в резиновых перчатках.

Для каждого варианта опыта рекомендуется пятикратная повторность. При изучении скорости разложения целлюлозы в динамике необходимо закладывать столько пятикратных повторностей, сколько планируется сроков наблюдений.

Первое наблюдение проводят через 10-15 дней в зависимости от погодных условий и влажности. Стекла извлекают из почвы, очищают щеткой от почвы и опрыскивают при помощи пульверизатора 0,5% раствором нингидрина в ацетоне. После высушивания при комнатной температуре проявляются пятна аминокислот. По количеству пятен и их выраженности судят об энергии мобилизационных процессов почвы в целом и наличии в ней легкодоступного азота.

В последующие сроки наблюдений при энергичном разрушении целлюлозы об интенсивности процесса судят по потере массы льняных полосок. Стекла с тканью извлекают из почвы, промывают в воде, высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают.

3.6.3. Определение скорости эмиссии CO_2 из почвы методом Штатнова

Скорость выделения CO_2 из почвы косвенно характеризует ее биологическую активность. Основная масса CO_2 выделяется за счет процессов минерализации органических веществ. Сущность метода заключается в улавливании CO_2 на поверхности почвы поглотителем (раствором щелочи) с последующим титрованием кислотой.

На поверхность почвы на подставке — треножнике ставится чашка Петри, Коха или широкий бюкс с 10 мл 0,1 н. раствора щелочи (NaOH или KOH). Чашка накрывается сосудом-изолятором (вегетационный сосуд на 3 л), края которого заглубляются в почву на 1,5-2 см. (рис. 3.6). Для предохранения от нагревания стенки сосуда снаружи обертывают белой бумагой или окрашивают белой

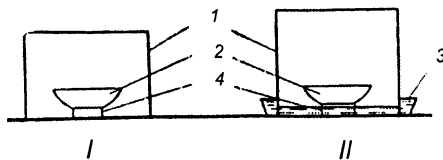


Рис. 3.6. Определение дыхания почвы по методу Штатнова
 I — установка на почвк, II — контроль; 1 — сосуд-изолятор, 2 — чашечка со щелочью, 3 — поддонник, 4 — подставка

краской. Рядом ставят контрольную чашку Петри со щелочью под такой же сосуд-изолятор, установленный на поддонник (широкий плоскодонный сосуд), заполненный крепким раствором поваренной соли для изоляции от атмосферного воздуха.

Через 1-3 часа сосуд-изолятор снимается, и избыток щелочи оттитровывается 0,1 н. HCl по фенолфталеину до исчезновения розовой окраски, непосредственно в чашках Петри или в бюксах. Перед титрованием в раствор добавляют 1 мл 20% раствора BaCl₂ для связывания CO₂.

Интенсивность дыхания рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{(a-b) \cdot K}{S \cdot t},$$

где D — выделение почвой CO₂ (мг CO₂/м² час); a — количество 0,1 н. HCl, пошедшей на титрование щелочи при холостом определении (мл); b — то же в опыте (мл); K — коэффициент для перевода мл 0,1 н. щелочи в мг CO₂, равный 2,2; S — площадь сосуда изолятора (м²); t — время экспозиции, часы.

Одновременно с определением скорости эмиссии CO₂ необходимо определять влажность и температуру почвы. Показания интенсивности дыхания, определенные этим методом, сильно зависят от соотношения между диаметрами сосудов — изолятора и поглотителя, поэтому его рекомендуется применять только при сравнительных исследованиях.

3.6.4. Определение потенциальной активности азотфиксации ацетиленовым методом

Отвешивают на техно-химических весах 4 навески по 5 г почвы, освобожденной от корней и просеянной через сито в 1 мм. Навески помещают во флакон из-под пенициллина, прибавляют по 2% глюкозы (от массы сухой почвы) и увлажняют стерильной водой до влажности 60% полной влагоемкости. Почву перемешивают

вают стеклянной палочкой до однородной массы, закрывают флакон ватной пробкой и помещают в термостат с температурой 28°C. Через сутки инкубации в термостате закрывают флаконы резиновыми пробками и вводят в 3 флакона по 0,5 мл ацетилена (один флакон остается контрольным), после чего вновь помещают их в термостат на 1 ч. Через час из каждого флакона отбирают газовую пробу — 0,5 мл и вводят ее в газовый хроматограф медицинским шприцом. Колонка газового хроматографа обеспечивает разделение газов метана, пропана, этилена, ацетилена.

Расчет величины активности азотфиксации проводят, исходя из того, что соотношение между количеством образованного этилена и соответствующим количеством азота составляет 3:1, то есть результат, полученный для этилена, делят на 3 и получают величину активности фиксации азота. После окончания измерений резиновые пробки вновь заменяют на ватные, флаконы ставят в термостат на сутки. Определение повторяют до тех пор, пока в двух параллельных пробах количество этилена не будет отличаться более чем на 5%. Потенциальную активность азотфиксации выражают в миллиграммах фиксированного азота на килограмм почвы за 1 час (мг/кг/ч).

3.6.5. Определение биомассы микроорганизмов в почве регидратационным методом, по Т.Г. Мирчинк и Н.С. Паникову

Принцип регидратационного метода заключается в мягком высушивании почвы при 65-70°, при этом происходит нарушение целостности цитоплазматических мембран живых микробных клеток. На мертвое органическое вещество такие температуры практически не действуют. После регидратации внутриклеточные компоненты высвобождаются и переходят в раствор слабой нейтральной соли, где могут быть определены по сумме органических соединений, по азоту, фосфору или калию.

Для анализа используются только свежие (не высушенные) образцы почвы, поскольку в воздушно-сухих образцах биомасса резко снижается.

Ход анализа. 5 г почвы помещают в коническую колбу на 50 мл и оставляют в термостате при 65-70°C на сутки, затем готовят вытяжку из почвы 0,5 М K_2SO_4 , при соотношении почва:раствор 1:5 — для почв с содержанием органического вещества менее 3%, 1:2 — для почв с содержанием органического вещества более 3%. Суспензию встряхивают на ротаторе в течение 30 мин, центрифугируют и в надосадочной жидкости определяют содер-

жание углерода органических веществ методом бихроматного окисления. Для этого 1,6 мл прозрачной вытяжки смешивают с 2,4 мл хромовой смеси в пробирках (6 г $K_2Cr_2O_7$ растворяют в 400 мл дистиллированной воды, затем в термостойкой посуде по стенке осторожно приливают 2 л концентрированной серной кислоты). Пробирки помещают в термостат при $140^\circ C$ на 20 мин, охлаждают и спектрофотометрируют при 590 нм. В качестве стандартов используют растворы глюкозы или сахарозы в диапазоне концентраций 100-500 мг С/л. Параллельно ставят контрольное определение с почвой без высушивания. Количество углерода микробной биомассы рассчитывают по формуле:

$$\text{Смкг/г почвы} = \frac{C_1 - C_2}{0,3},$$

где C_1 и C_2 — количество углерода в вытяжке почвы после высушивания и в свежем образце (мкг/г почвы); 0,3 — пересчетный коэффициент, равный доле солюбилизировавшихся после регидратации клеточных компонентов.

3.7. Определение количества корневой массы

Определение корневой массы можно проводить в почве, взятой в буры-цилиндры при определении плотности и различных видов влагоемкости (см. 3.2).

Для отмывки корней можно использовать приспособление, состоящее из ведра с вырезанным дном и двух сит, которые помещаются внутри ведра. Верхнее сито — с ячейками диаметром 2-4 мм, нижнее — 0,25-0,5 мм (рис. 3.7). Пробу почвы высыпают из бура-цилиндра на верхнее сито и промывают распыленной струей воды. На верхнем сите остаются крупные корни, которые собирают и переносят в большой стакан с водой. На нижнем сите задерживаются мелкие корни, полуразложившиеся растительные остатки и частицы мелкозема почвы. Для того чтобы отделить мелкозем, используют метод многократной декантации. Все содержимое нижнего сита переносят в ведро с водой, тщательно взбалтывают мешалкой, дают немного отстояться и процеживают через чистое сито. Операцию повторяют многократно до полной отмывки мелких корней и полуразложившихся растительных остатков от мелкозема. Отмытые от почвы растительные остатки разделяют на четыре группы: 1) пожнивные остатки, собранные и срезан-

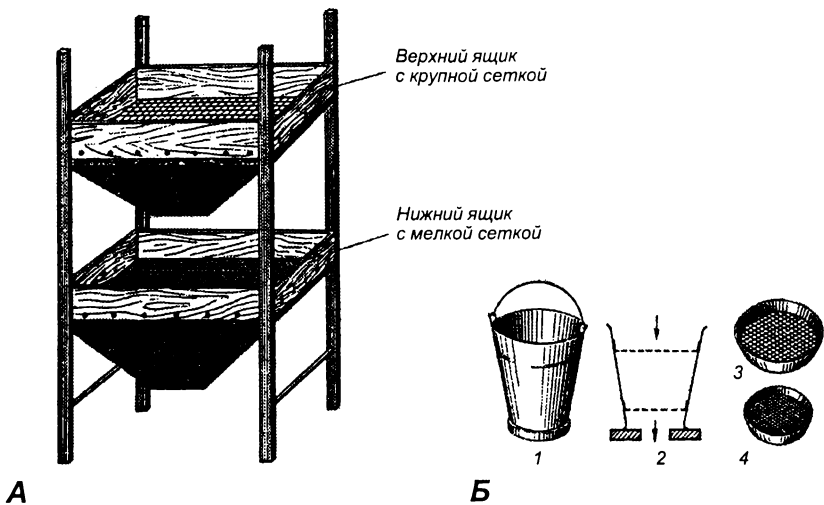


Рис. 3.7. А — установка для отмывки корней; Б — оборудование для отмывки корней из небольших образцов почвы:

1 — ведро; 2 — положение сит в ведре; 3 — верхнее сито; 4 — нижнее сито

ные с поверхности почвы; 2) крупные корни диаметром более 1 мм; 3) тонкие корни диаметром до 1 мм; 4) мертвые, полуразложившиеся остатки.

Мертвые, полуразложившиеся остатки отделяют от живых методом многократной декантации. Отмытые растительные остатки помещают в большой химический стакан или вегетационный сосуд с водой и тщательно перемешивают мешалкой. Мертвые растительные остатки всплывают на поверхность. Их отделяют от общей массы многократным сливанием через сито 0,25 мм и сушат. Живые и длинные корни держатся несколько ниже, их выбирают из стакана пинцетом или дуршлагом. Оставшиеся на дне гумифицированные остатки темного цвета тщательно отмывают от почвы методом декантации и присоединяют к мертвым полуразложившимся остаткам. Живые корни разбирают пинцетом на две фракции: тонкие — диаметром менее 1 мм и крупные — диаметром более 1 мм.

Полученные фракции растительных остатков высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Если корневые остатки были не очень тщательно отмыты от почвы, их масса получается завышенной. В таком случае необходимо определить зольность

“грязной” фракции, сравнить ее с зольностью чистых корней и в расчетах сделать поправку на примеси.

В специальных исследованиях по учету корневых остатков размеры блоков почвы определяются целями исследований. Часто используют более крупные монолитные блоки. В последние годы возрастает число исследований, в которых учитывается прижизненный опад растений, существенно корректирующий количество послеуборочных остатков, ежегодно поступающих в почву.

3.8. Определение окислительно-восстановительного потенциала

Окислительно-восстановительный потенциал (*ОВП*) — разность потенциалов, возникающая между почвенным раствором и электродом из инертного металла (платины). Измеряется *ОВП* при помощи потенциометра (ЛП₄, ППМ-03М1 или ионметр И-102 и др). *ОВП* по отношению к водороду обозначается символом *Eh*, измеряется в милливольтгах. Для определения *Eh* используют измерительные платиновые или платинированные электроды (реже графитовые) и электроды сравнения (хлорсеребряные или каломельные).

При разовых измерениях *Eh* в поле определения проводятся в стенке свежевырытого разреза. На стационарных участках электроды устанавливаются на длительное время в стенки почвенного разреза с последующим закапыванием разреза без перемешивания горизонтов. Можно вставлять электроды в отверстия, сделанные в почве тонкими бурами. Электроды монтируют в стеклянные трубки, верхние концы которых с проводами от электродов выводят на поверхность почвы и герметизируют под стеклянными колпаками. Измерительные электроды перед началом работы должны быть проверены по буферным растворам с известным значением *Eh*. Параллельно измеряют температуру и рН почвы.

Часть II. СИСТЕМАТИКА И ДИАГНОСТИКА ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ РОССИИ

4. Морфологические признаки почв

Каждая почва характеризуется определенными морфологическими (внешними) признаками, которые являются диагностическими. По этим признакам можно отличить одну почву от другой и получить некоторые сведения об их происхождении, составе, свойствах, уровне плодородия. К главным морфологическим признакам относятся: строение почвенного профиля, мощность почвы и ее отдельных горизонтов, гранулометрический состав, окраска, структура, сложение, новообразования и включения.

Строение почвенного профиля. Почвенный профиль состоит из определенного набора генетических горизонтов, образовавшихся под воздействием естественных или агрогенных элементарных почвенных процессов. Каждый генетический горизонт имеет буквенные обозначения (латинские). В.В. Докучаевым было выделено всего три генетических горизонта: А — поверхностный гумусово-аккумулятивный, В — переходный к материнской породе, С — материнская горная порода. По мере развития почвоведения и познания разнообразия почвенных процессов и почв число горизонтов значительно возросло. Ниже перечислим только наиболее часто встречаемые горизонты.

A_0 — органогенный горизонт, мощностью до 10–20 см, залегающий на поверхности почвенного профиля в виде лесной подстилки или степного войлока, состоит из растительных остатков разной степени разложения (опад древесной и травянистой растительности разных лет).

A_d — органо-минеральный горизонт, залегающий на поверхности почв под луговой травянистой растительностью, мощностью до 10 см; до 50% по объему состоит из корней травянистых растений (дернина).

А — гумусово-аккумулятивный горизонт, залегает под горизонтами A_0 или A_d , содержит 4–15% гумуса гуматного или фульватно-гуматного состава и поэтому окрашен в серые и темно-серые тона, мощностью от 5 до 30 (50) см.

A_1 — гумусово-элювиальный горизонт, окрашен в серые и светло-серые тона. Наряду с накоплением гумуса из него выносятся органо-минеральные и минеральные соединения. Содержит

до 4-6% гумуса фульватного или гуматно-фульватного состава.

$A_{\text{пах}}$ — поверхностный (пахотный) горизонт во всех пахотных почвах, мощностью 20–30 см. При глубокой плантажной вспашке (более 40 см) обозначается — $A_{\text{пл}}$ и называется плантажированный.

A_2 — элювиальный горизонт, залегающий под горизонтами A_0 , A_1 или $A_{\text{пах}}$, формируется в результате элювиальных ЭПП, мощностью от 1–2 до 30 и более см, окрашен в светлые тона (белесый, светло-серый и др.).

B — горизонт, залегающий под биогенно-аккумулятивными или элювиальными, сформировавшийся в результате иллювиально-аккумулятивных (вымывание), метаморфических (внутрипочвенное выветривание), реже гидрогенно-аккумулятивных ЭПП. В зависимости от характера ЭПП к основному индексу добавляется дополнительный, например — B_f — вымывание железа, B_h — гумусовых веществ, B_k — карбонатов, B_m — метаморфический и т.д. Наиболее типичный цвет — бурый в сочетании с красным, желтым, коричневым. Мощность горизонтов B может быть более 50–60 см, они подразделяются на подгорizontы или переходные горизонты, несущие признаки ниже- или вышележащих горизонтов, например: A_2B — переходный между элювиальным и иллювиальным и несущий в себе признаки того и другого горизонта. Переходные горизонты могут выделяться между всеми основными горизонтами.

C — материнская почвообразующая порода, слабозатронутая процессами почвообразования.

D — подстилающая порода, которая отличается от почвообразующей происхождением и свойствами и залегает в пределах 2–3 (5) м от поверхности.

В почвах болотного типа выделяются слои торфа, отличающиеся по степени разложения, зольности и другим свойствам. Они обозначаются как T_1 , T_2 и T_3 .

В гидроморфных почвах под воздействием глеевого процесса образуется глеевый горизонт, который обозначается индексом G . Если признаки глеевого процесса проявляются в других горизонтах, то к основному индексу добавляется дополнительный — g .

Границы между горизонтами могут быть ровными, постепенными, ясными и резкими, извилистыми. Профиль почв и соответствующие горизонты бывают разной степени выраженности и дифференцированности.

Соответственно выделяют:

- недифференцированный или слабодифференцированный (примитивный) профиль со слабовыраженными горизонтами — $A-B-C$ или $A-C$;

- аккумулятивный профиль, продукты почвообразования и гумусовые вещества накапливаются в профиле (черноземы, каштановые);
- элювиально–иллювиально–дифференцированный профиль с хорошо выраженными элювиальными горизонтами — A_2 и иллювиальными — В (подзолистые, серые лесные и др. почвы);
- антропогенно–дифференцированный профиль (искусственный), созданный человеком (рекультивация, плантажная вспашка и др.).

Мощность почвенного профиля у разных почв колеблется от 30–50 см в горных и тундровых почвах до 1,5–3 м в черноземах.

При составлении Почвенной карты СССР масштаба 1: 2 500 000 (М., 1972) были введены некоторые изменения и дополнения к индексации горизонтов почв. Так, органогенные горизонты лесной подстилки и торфов разной степени разложения было предложено обозначать индексами 01, 02, 03; переходные грубогумусовые — A_0 ; поверхностные корковые горизонты — К и др. Несколько изменены и дополнительные индексы. Так наличие карбонатов предложено обозначать подиндексом «са» (B_{ca} , C_{ca}); наличие щебня карбонатных пород — «рса» (B_{pca} , C_{pca}); выделения гипса — «сs» (B_{cs}); выделения легкорастворимых солей — «s» (B_s); солонцеватые и солонцовые горизонты — «sl» (B_{sl}) и др.

На почвенном факультете МГУ предложена несколько отличающаяся система индексов, учитывающая опыт различных научных школ (Розанов Б.Г., 1988). В этой системе пахотный слой обозначается индексом A_p , элювиальные горизонты (подзолистый, осолоделый, лессивированный, элювиально–глеевый) — индексом Е. Горизонты В разделены на метаморфические B_m (измененные на месте, например у черноземов типичных) и текстурные глинисто–иллювиальные горизонты (B_t). Под горизонтом С выделяются рыхлые подстилающие породы — D и плотные (массивно–кристаллические) подстилающие породы — R.

В современной систематике почв США диагностические горизонты выделяются по комплексу качественно–количественных параметров (содержание гумуса, насыщенность основаниями, мощность, особенности минералогического и химического состава и др.). Поверхностные гумусовые горизонты названы эпипедоном. На основании наличия в почвах диагностических горизонтов выделяются почвенные группы (таксон, близкий к понятию почвенного типа в отечественной классификации). Американская номенклатура диагностических горизонтов получила

широкое распространение во многих странах, а также в работах по классификации почв, проводимых под эгидой ФАО–ЮНЕСКО.

Примеры диагностических горизонтов Американской классификации почв:

Mollic — моллевой эпипедон, гумусовый горизонт, темный, с высоким содержанием гумуса, оструктуренный, насыщенность основаниями более 50%;

Umbric — отличается от моллевого отсутствием структуры, насыщенность основаниями менее 50%;

Ochric — светлый эпипедон, гумусовый горизонт с пониженным содержанием гумуса, светлой окраски;

Argillic — глинисто–иллювиальный горизонт В;

Cambic — метаморфический горизонт В;

Albic — элювиальный (подзолистый) горизонт;

Natric — натриевый, солонцовый горизонт

Подобная система типодиагностических генетических горизонтов была разработана Почвенным институтом им. В.В. Докучаева (Классификация почв России, 1997). Она включает 32 естественных, 6 агрогенно–преобразованных типодиагностических горизонтов и 35 дополнительных индексов, характеризующих генетические и антропогенно–обусловленные признаки в генетических горизонтах. В этой системе отдельно выделяются шесть видов гумусовых горизонтов: темногумусовый, светлогумусовый, грубогумусовый, органогенный слаборазвитый, гумусово–элювиальный, перегнойный; восемь видов горизонтов В; пять видов пахотного слоя и ряд других горизонтов и признаков. Предложенная система горизонтов и созданная на ее основе новая классификация почв находятся на стадии обсуждения.

Окраска почв. Окраска почв очень разнообразна. По ней можно судить о химическом составе и плодородии почв. Издавна темно–окрашенные почвы, имеющие повышенное содержание гумуса, славились своим плодородием.

Важнейшими составными частями почвы, от которых зависит ее цвет, являются гумусовые вещества, соединения железа, соединения кремния и алюминия, карбонаты кальция (рис. 4.1).

Гумусовые вещества с повышенным содержанием гуминовых кислот обуславливают черную, темно–серую, темно–бурую окраску; фульватный гумус — светлую окраску (серую, бурую, желтоватую). Окисленные соединения железа дают красные, ржавые (охристые) и желтые тона; восстановленные формы железа — сизые и серые тона. Соединения кремния, алюминия,

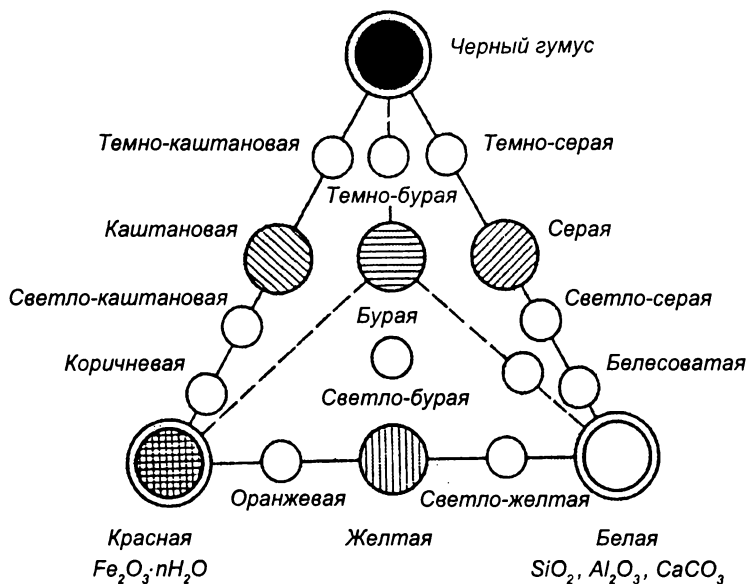


Рис. 4.1. Треугольник цветов С.А. Захарова

карбонаты кальция, гипс — белого цвета. Различные количественные сочетания этих и ряда других соединений обуславливают широкий спектр окраски почвы и ее отдельных горизонтов. Интенсивность цвета зависит от влажности. Влажная почва всегда темнее, чем сухая.

Окраска горизонтов часто бывает неоднородной, в виде пятен, полос, линз различного цвета, которые характеризуют неоднородность процессов и свойств разноокрашенных участков. Различают слабопятнистые, отчетливо пятнистые и сильнопятнистые горизонты почв. Существуют специальные шкалы для объективной оценки цвета почв.

Структура почвы. Структура почвы — это агрегаты разного размера и формы, на которые способна распасться почва в сухом состоянии (табл. 4.1, рис. 4.2).

Структурные агрегаты состоят из отдельных частиц (механических элементов), связанных веществами, обладающими клеящей способностью (новообразованные гумусовые вещества, соединения кальция, железа и др.). Эти вещества обуславливают механическую прочность и водоустойчивость агрегатов. Наиболее

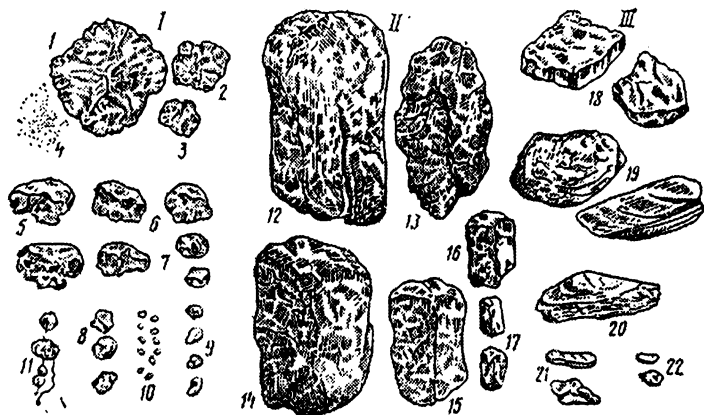


Рис. 4.2. Главнейшие виды почвенной структуры, по С.А.Захарову:
I тип: 1 - крупнокомковатая; 2 - комковатая; 3 - мелкокомковатая; 4 - пылеватая; 5 - крупноореховатая; 6 - ореховатая; 7 - мелкоореховатая; 8 - крупнозернистая; 9 - зернистая; 10 - порошистая; 11 - "бусы" из зерен почвы.
II тип: 12 - столбчатая; 13 - столбовидная; 14 - крупнопризматическая; 15 - призматическая; 16 - мелкопризматическая; 17 - тонкопризматическая;
III тип: 18 - сланцевая; 19 - пластинчатая; 20 - листоватая; 21 - грубочешуйчатая; 22 - мелкочешуйчатая.

ценными в агрономическом отношении являются агрегаты 0,25–10 мм. Чем больше водопрочных агрегатов такого размера содержится в почве, тем она плодороднее, поскольку такие агрегаты определяют наиболее оптимальные для растений водный и воздушный режимы. Структура почвы является диагностическим показателем почв и их отдельных горизонтов.

Так, для горизонта A_1 дерново-подзолистых почв характерна комковатая структура, для A_2 — пластинчатая или листоватая, для — иллювиального горизонта В — ореховатая, для горизонта ВС — глыбистая. Гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов и аллювиально-луговых почв имеет зернистую структуру, серых лесных — ореховатую, для горизонта В солонцов характерна столбчатая структура.

Как правило, любой горизонт почвы состоит из структурных отдельностей разного размера, а зачастую и разной формы. В таких случаях применяют двойное название, при этом название преобладающих агрегатов ставится на последнее место, например: комковато-пылеватая, зернисто-комковатая. Некоторые горизонты, а

4.1. Классификация структуры

Род	Вид	Размер
I тип. Кубовидная		
<i>Глыбистая</i> – неправильная форма и неровная поверхность	Крупноглыбистая	>10 см
	Мелкоглыбистая	10-1 см
<i>Комковатая</i> – неправильная округлая форма, неровные округлые и шероховатые поверхности разлома, грани не выражены	Крупнокомковатая	10-3 мм
	Комковатая	3-1 мм
	Мелкокомковатая	1-0,25 мм
	Пылеватая	< 0,25 мм
<i>Ореховатая</i> – более или менее правильная форма, грани хорошо выражены, поверхность ровная, ребра острые	Крупноореховатая	> 10 мм
	Ореховатая	10-7 мм
	Мелкоореховатая	7-5 мм
<i>Зернистая</i> – более или менее правильная форма, иногда округлая, с выраженными гранями, то шероховатыми, матовыми, то гладкими и блестящими	Крупнозернистая (гороховатая)	5-3 мм
	Зернистая (крупитчатая)	3-1 мм
	Мелкозернистая	1-0,5 мм
	(порошистая)	
II тип. Призмовидная		
<i>Столбовидная</i> – отдельности слабо оформлены, с неровными гранями и округленными ребрами	Крупностолбовидная	> 5 см
	Столбовидная	3-5 см
	Мелкостолбовидная	< 3 см
<i>Столбчатая</i> – правильной формы, с довольно хорошо выраженными вертикальными гранями и округлым верхним основанием («головкой») и плоским нижним	Крупностолбчатая	5-3 см
	Мелкостолбчатая	< 3 см
<i>Призматическая</i> – грани хорошо выражены, с ровной глянцевитой поверхностью, с острыми ребрами	Крупнопризматическая	5-3 см
	Призматическая	3-1 см
	Мелкопризматическая	1-0,5 см
	Тонкопризматическая	0,5 см
	Карандашная (при длине отдельностей 5 см)	< 1 см
III тип. Плитовидная		
<i>Плитчатая</i> (слоевая) – с более или менее развитыми горизонтальными плоскостями спайности	Сланцеватая	> 5 мм
	Плитчатая	5-3 мм
	Пластинчатая	3-1 мм
	Листоватая	< 1 мм
<i>Чешуйчатая</i> – со сравнительно небольшими горизонтальными плоскостями спайности и часто острыми гранями	Скорлуповатая	> 3 мм
	Грубочешуйчатая	3-1 мм
	Мелкочешуйчатая	< 1 мм

иногда и весь профиль почвы бывают бесструктурными; типичный пример бесструктурных — песчаные и супесчаные почвы. Как правило, бесструктурными или крупноглыбистыми являются почвообразующие породы.

Прочность структурных агрегатов. Прочность — это способность агрегата противостоять одноосному сжатию в условиях свободного бокового расширения. Это важный агрономический показатель, характеризующий устойчивость структурных агрегатов к разрушению при обработках. Существует следующая шкала прочности:

- непрочный — легко разрушается при сдавливании пальцами;
- прочноватый — с трудом разрушается при сдавливании пальцами, легко — при сдавливании руками (между ладонями);
- прочный — пальцами не разрушается, руками — с трудом;
- очень прочный — не удастся раздавить руками, может быть расколот молотком.

Гранулометрический состав. Гранулометрический состав почвы — это относительное содержание в ней не агрегированных частиц разной величины — камней, гравия, песка, пыли и ила. Точное определение гранулометрического состава проводится по данным лабораторного анализа. В полевых условиях гранулометрический состав мелкозема можно определить на ощупь, органолептически. Этот способ основан на том, что разновидности почв по гранулометрическому составу обладают различной пластичностью, под которой понимается способность почвенной массы при механических воздействиях необратимо менять форму без образования микротрещин. 2–3 см³ почвы увлажняют, перемешивают до тестообразного состояния и пытаются скатать шарик или шнур. При определении гранулометрического состава карбонатных почв вместо воды применяют 10% соляную кислоту с целью разрушения агрегатов. Из подготовленной почвы на ладони скатывают шарик и пробуют раскатать его в шнур. В зависимости от гранулометрического состава почвы эффективность скатывания будет различной (рис. 4.3).

1. Песок — непластичный, скатать шарик или шнур не удается.
2. Супесь — очень слабопластичная, скатывается в непрочный шарик, в шнур не скатывается.
3. Легкий суглинок — слабопластичный, скатывается в отдельные короткие отрезки шнура.
4. Средний суглинок — среднепластичный, скатывается в

Механический состав	Морфология образца при испытаниях (вид в плане)
Шнур не образуется — песок 1	
Зачатки шнура — супесь 2	
Шнур, дробящийся при раскатывании — легкий суглинок 3	
Шнур сплошной, кольца распадающиеся при свертывании — средний суглинок 4	
Шнур сплошной, кольца с трещинами — тяжелый суглинок 5	
Шнур сплошной, кольца стойкие — глина 6	

Рис. 4.3. Определение гранулометрического состава почв в поле (метод раскатывания)

прочностью характеризуются ее агрегаты.

Сложение почвы. Сложение почвы выражает степень ее плотности или рыхлости, а также характер ее пористости. Различают сложение очень плотное, почва не поддается лопате, требуется кирка, лом; плотное — почва с трудом поддается лопате; рыхлое — лопата легко входит в почву, почва при выбрасывании рассыпается; рассыпчатое — почва обладает сыпучестью.

Пористость характеризуется формой и размерами пор. По форме различают поры округлые, трубковидные, щелевидные, клиновидные, камерные и неправильной формы. Размер пор колеблется от 1 мм до 3–5 см. Пористость важное агрономическое свойство, поскольку с ней связаны водный и воздушный режимы. Общая пористость, а также объем пор, занятый водой и воздухом, определяются аналитическим методом.

шнур толщиной 2–3 мм, который ломается при дальнейшем раскатывании или лопаются при сгибании в кольцо.

5. Тяжелый суглинок — очень пластичный, скатывается в тонкий (менее 2 мм) шнур, который образует кольцо с трещинами.

6. Глина — высокопластичная, скатывается в тонкий шнур, образует кольцо без трещин.

Песчаные и супесчаные почвы относятся к легким, легко- и среднесуглинистые — к средним, тяжелосуглинистые и глинистые — к тяжелым. Чем тяжелее почва, тем большей механической

Твердость почвы. Твердость — способность почвы сопротивляться вдавливанию, проникновению ножа или другого предмета. Различают следующие виды твердости: очень мягкая — нож свободно проникает в почву на 10–12 см; мягкая — нож проникает с заметным усилием; твердая — проникает только на 3–5 см с большим усилием; очень твердая — проникает с трудом только кончик ножа; крайне твердая — нож не вводится в почву даже при большом усилии.

Твердость важное агрономическое свойство, характеризующее податливость почвы обработкам.

Липкость почвы. Липкость почвы — это ее способность прилипать к другим телам. Определяется при увлажнении до тестообразного состояния. Различают следующие виды липкости: не липкая — не пристает к пальцам; слаболипкая — к пальцам пристает, но легко счищается; липкая — счищается с трудом; очень липкая — с большим трудом.

Новообразования. Новообразованиями называются морфологически выраженные скопления различных веществ, которые образовались в результате почвообразовательного процесса. Они бывают химического и биологического происхождения. По форме химические новообразования существуют в виде выцветов и налетов, корочек, потеков, прожилок и трубочек, прослойки, конкреций и стяжений. По составу различают скопления водорастворимых солей, гипса, углекислой извести, оксидов и гидрооксидов железа, марганца, закисные соединения железа, скопления кремнезема в виде кремнеземистой присыпки и прожилок, скопления гумусовых веществ. Новообразования, которые проявляются в виде пленок на поверхности структурных отдельностей, педов, включений, камней — называются кутанами.

Новообразования биологического происхождения выделяют в виде червоточин, капролитов (выделений дождевых червей), кротовин, дендритов (узоры мелких черешков растений на поверхности структурных отдельностей).

Включения. Включениями называют различные тела, обнаруживаемые в почвенном профиле, происхождение которых не связано с почвообразованием. Это камни, валуны, кости животных, антропогенные включения, корни растений.

Количество корней, глубина их распространения являются важными диагностическими показателями плодородия почв и их отдельных горизонтов.

Влажность почвы и ее отдельных горизонтов. Различают следующие градации влажности почв:

- сухая — сухая на вид и на ощупь, не светлеет при высыхании и темнеет при добавлении воды;
- свежая — сухая на вид, чуть влажная на ощупь, светлеет при высыхании, темнеет при добавлении воды;
- влажноватая — влажная на вид и на ощупь, светлеет при высыхании, не темнеет при добавлении воды, при сжатии образца яркость поверхности не изменяется;
- влажная — влажная на вид и на ощупь, светлеет при высыхании, не темнеет при добавлении воды, при сжатии образца на поверхности проступает тонкая водная пленка, но вода не вытекает;
- сырая — при сжатии образца с его поверхности капает вода;

Пользуясь этой шкалой, можно определить глубину промачивания почвы после дождей или поливов, а также определить наличие капиллярного поднятия воды при неглубоком залегании грунтовых вод. Наиболее оптимальной для культурных растений является влажноватая и влажная почвы.

Агроэкологическая оценка морфологических признаков почв.

По морфологическим признакам и строению почвенного профиля непосредственно в полевых условиях визуально можно оценить уровень почвенного плодородия и наличие свойств, лимитирующих урожай растений. Это прежде всего касается мощности почвенного профиля, пахотного слоя и гумусового горизонта, гранулометрического состава, уровня гумусированности, структурного состояния, водопроницаемости. К негативным факторам, лимитирующим урожай растений, легко определяемым в полевых условиях, относятся: степень каменистости, степень эродированности, степень оглеенности, недостаток или избыток влаги в определенных периоды роста и развития растений, наличие и глубина залегания в почве водорастворимых солей, гипса, карбонатов; наличие плотных горизонтов или прослоек, влияние на корневые системы грунтовых вод и др.

Имея определенные знания и навыки, непосредственно в поле можно наметить основные мероприятия по устранению негативных факторов, снижающих урожай растений.

5. Систематика и диагностика основных типов почв

5.1. Система таксономических единиц, понятие о номенклатуре и диагностике почв

Система таксономических единиц действующей классификации почв в России была установлена Межведомственной комиссией по номенклатуре, систематике и классификации почв при Академии наук СССР в 1958 году.

Основной таксономической единицей классификации является генетический тип почв, установленный еще В.В. Докучаевым.

Тип почв — это группа почв, которая развивается “в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами”.

Характерные черты почвенного типа определяются: 1) однотипностью поступления органических веществ, их превращения и разложения; 2) однотипным комплексом процессов разложения минеральной массы и синтеза минеральных и органо-минеральных новообразований; 3) однотипным характером миграции и аккумуляции веществ; 4) однотипным строением почвенного профиля; 5) однотипной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия почв.

Подтип почв — эта группа почв в пределах типа, качественно отличающаяся по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования и являющаяся переходной между типами. При выделении подтипов учитывают процессы, связанные как с подзональной, так и с фациальной сменой природных условий.

Роды почв — группы почв в пределах подтипа, особенности которых определяются комплексом местных условий (состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод, вертикальная и латеральная миграция и аккумуляция веществ и др.).

Виды почв — группы почв в пределах рода, различающиеся свойствами, обусловленными степенью развития почвообразовательных процессов (уровень гумусированности, мощность гумусовых и элювиальных горизонтов и др.).

Разновидности почв — группы почв в пределах вида, различающиеся по гранулометрическому составу поверхностных горизонтов.

Разряды — группы почв в пределах разновидности, различа-

ющиеся генезисом и свойствами почвообразующих пород.

Номенклатура почв. В основу научной номенклатуры почв В.В. Докучаев и Н.М. Сибирцев положили русские, в основном цветные народные названия (черноземы, подзолы и др.) или экологические и ландшафтные (тундровые, луговые). При выделении фациальных подтипов были использованы термины, характеризующие различия в тепловом режиме (теплые, холодные); названия родов характеризуют определенные свойства почв (солонцеватые, карбонатные и др.); названия видов — степень проявления определенных свойств (малогумусированные, среднемощные и др.). Разновидности называют в соответствии с классификацией почв по гранулометрическому составу (песчаные, суглинистые и т.д.); разряды — по свойствам и генезису почвообразующей породы (моренный суглинок, лессовидный суглинок и др.).

Полное название почв производится с учетом их таксономических уровней, начиная с типа. При этом если таксоны более низкого уровня характеризуются свойствами вышестоящего, то их названия опускаются. Например: чернозем (тип) типичный (подтип) обычный (род, из названия опускается), а если род карбонатный — в названии остается, среднегумусный (вид), среднесуглинистый (разновидность) на тяжелом лессовидном суглинке (разряд).

Диагностика почв. В качестве диагностических показателей используются морфологические признаки, гранулометрический, химический и минералогический составы почв, содержание и состав органического вещества, физико-химические свойства, содержание и состав водорастворимых солей, степень эродированности, показатели гидротермического режима.

Ниже следующие диагностические описания почв приводятся в соответствии с действующим руководством — “Классификация и диагностика почв СССР (1977)”, эти описания соответствуют фациальным подтипам почв, распространенным в Европейской части России:

- для глееподзолистых почв — фация холодных длительно промерзающих почв;
- для подзолистых почв — фация холодных промерзающих почв;
- для дерново-подзолистых, серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов — фация умеренных промерзающих почв;
- для обыкновенных и южных черноземов, каштановых и бурых полупустынных почв — фация теплых промерзающих почв.

5.2. Тип: подзолистые почвы

Подтип: глееподзолистые (Пг) (рис. 5.1)

Род: обычные (на глинистых и суглинистых бескарбонатных породах)

A_0 — плохо разложившаяся, слабоотторфованная лесная подстилка мощностью 5–10 см; A_{2g} — оглеенный сизовато-серый с бурыми пятнами, мощностью от 3 до 12 см; A_2B_g — переходный к иллювиальному, неоднородно окрашенный; B — иллювиальный, тяжелосуглинистый, плитчато-призматический или ореховато-комковатый, плотный

Содержание вымытого гумуса в гор. A_{2g} 2–4%, постепенное уменьшение его содержания с глубиной, pH_{KCl} 3,2–4,3, максимум кислотности в гор. A_{2g} и A_2B_g , которые обеднены основаниями, илом, полуторными оксидами, степень насыщенности основаниями 10–40%.

Подтип: подзолистые (П) (рис. 5.2)

род: обычные (на глинистых и суглинистых бескарбонатных породах)

A_0 — слаборазложившаяся лесная подстилка мощностью 5–10 см; A_0A_1 — переходный органо-минеральный горизонт мощностью до 3 см; A_1A_2 — элювиально-аккумулятивный подгоризонт, серой, светло-серой или белесо-серой окраски, порошистый, неясно-слоистый, мощностью 5–10 см; A_2 — подзолистый горизонт, белесый, светло-серый, структура плитчатая, чешуйчато-пластинчатая или листоватая, мощностью 1–20 см и более; A_2B — переходный, элювиально-иллювиальный, красновато-буроватый с белесоватыми пятнами, неспрочно-мелкоореховатый; B_1B_2 — подгоризонты иллювиального горизонта, бурая, коричневатобурая окраска, структура ореховатая или ореховато-комковатая.

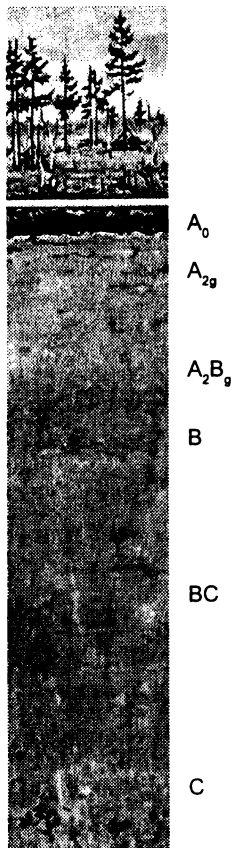


Рис. 5.1. Глееподзолистая тяжелосуглинистая почва на покровном суглинке



A_0
 A_0A_1
 A_1A_2
 A_2

A_2B

B

BC

C

Рис. 5.2. Подзолистая среднесуглинистая почва на покровном суглинке

В горизонтах A_0A_1 и A_1A_2 содержатся фульватного гумуса до 1–3% (при потере от прокаливания 6–10%). Верхние горизонты сильноокислые и кислые ($pH_{КСЛ}$ 3,5–5,0), насыщенность основаниями — 15–20%. Почвенный профиль четко дифференцирован по валовому и гранулометрическому составу.

Другие роды глееподзолистых и подзолистых почв в основном соответствуют аналогичным родам дерново-подзолистых почв (см. ниже).

Деление глееподзолистых и подзолистых почв на виды проводят по глубине нижней границы подзолистого горизонта: **поверхностно-подзолистые** ($A_2 < 5$ см), **мелкоподзолистые** (A_2 — 5–20 см), **глубокоподзолистые** ($A_2 > 30$ см). Подзолистые типичные почвы по наличию в элювиальной части профиля признаков оглеения делятся на неглееватые (термин в название не включается) и **поверхностно-слабоглееватые**, имеющие железо-марганцевые конкреции и отдельные сизоватые и ржавые пятна.

Подтип: дерново-подзолистые (П^А) (рис. 5.3)

Род: обычные (на глинистых и суглинистых бескарбонатных породах)

A_0 — лесная подстилка мощностью 2–5 см; A_0A_1 — сильноминерализованная нижняя часть лесной подстилки, мощность 1–2 см; A_1 — гумусовый горизонт, всегда четко выражен, светло-серый или серый, структура непрочно-мелкокомковатая или порошистая, мощность от 5 до 15 см; A_1A_2 — элювиально-аккумулятивный, серый, порошистый, неяснослоистый, мощность 5–10 см; A_2 — элювиальный (подзолистый) горизонт, белесый, светло-серый, палевый, структура плитчатая, чешуйчато-плитчатая, листовая, мощность от 2–3 до 30 см и более; A_2B — переходный, элювиально-иллювиальный горизонт, пестрый, преобладают бурые и белесые тона, непрочно-мелкоорехо-

ватый или ореховато-плитчатый с обильной белесой присыпкой. Мощность редко превышает 10–15 см; В — иллювиальный горизонт, самый плотный в профиле, бурый, желто-бурый, красно-бурый, структура ореховатая или ореховато-комковатая, по граням структурных отдельностей — белесая присыпка и коричневые натеки, мощность 70–100 см и более; ВС — имеет крупнопризматическую или глыбисто-призматическую структуру, постепенно переходит в породу.

Содержание гумуса в гор. A_1 от 3 до 6%; $C_{ГК}:C_{ФК}$ — 0,3–0,5, в гор. A_1A_2 содержание гумуса 1–1,5%, в гор. A_2 — 0,2–0,5%. ЕКО в гор. A_1 до 15–20 мг-экв/100 г, а в гор. A_2 — 1–2 мг-экв/100 г и ниже. В горизонте В резко возрастает содержание илстой фракции и ЕКО (10–25 мг-экв), реакция по всему профилю кислая и сильнокислая ($pH_{КС}$ 3,3–4,3), насыщенность основаниями в верхнем (50 см) слое 10–40%, редко превышает 50%, отчетливо выражена дифференциация профиля по содержанию обменных оснований, илстой фракции и валовому составу, особенно по содержанию полоторных оксидов.

В подтипе дерново-подзолистых почв выделяют кроме обычных следующие роды:

- **остаточно карбонатные** — формируются на породах, содержащих карбонаты кальция; относительно высоко вскипают (в гор. В или С); обычно резко выделяется иллювиальный горизонт;
- **со вторым гумусовым горизонтом** — на фоне горизонта A_2 или под ним выделяется в виде пятен или сплошной полосой гумусовый горизонт, сохранившийся от прежних фаз почвообразования;

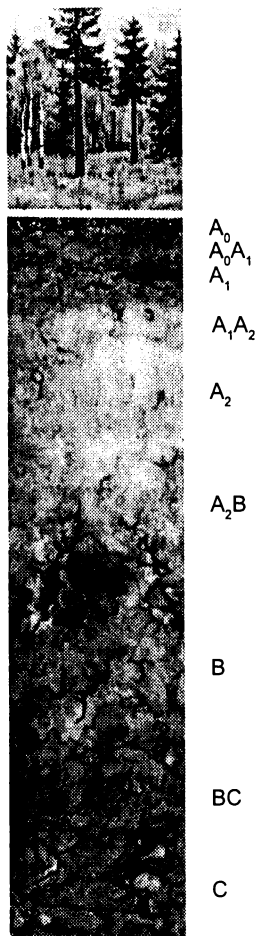


Рис. 5.3. Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва на покровном суглинке

- **контактно–глеевые** — развиваются на песках, подстилаемых отложениями тяжелого механического состава; на контакте пород возникает переувлажнение и оглеение;
- **слабодифференцированные** — почвы на песчаных отложениях, горизонт A_2 в них выражен фрагментарно или отсутствует, непосредственно под горизонтом A_1 формируется иллювиальный горизонт охристых или бурых тонов;
- **псевдофибровые** — формируются на слоистых песках, в профиле присутствуют уплотненные, обогащенные железом тонкие прослойки ржавого или коричнево–ржавого цвета, увеличивающие водоудерживающую способность почвы;
- **иллювиально–гумусовые и иллювиально–железистые** — горизонт В от ярко–охристого до темно–коричневого в зависимости от содержания в нем гумуса (иногда до 5%) и железа, уплотнен, нижняя часть профиля часто оглеена.

Разделение целинных дерново–подзолистых почв на **виды** проводится по следующим признакам:

- по мощности гумусового горизонта — **слабодерновые** ($A_1 < 10$ см); **среднедерновые** ($A_1 = 10–15$ см) и **глубокодерновые** ($A_1 > 15$ см);
- по глубине нижней границы подзолистого горизонта (от нижней границы лесной подстилки) — **поверхностно–подзолистые** ($A_2 < 10$ см), **мелкоподзолистые** ($A_2 = 10–20$ см), **неглубокоподзолистые** ($A_2 = 20–30$ см) и **глубокоподзолистые** ($A_2 > 30$ см);
- по степени выраженности поверхностного оглеения — **неогленные** (термин в названиях не включается) и **поверхностно–слабоглееватые**, характеризующиеся наличием железисто–марганцевых конкреций и отдельных сизоватых и ржавых пятен в элювиальной части профиля.

5.3. Подзолистые почвы, используемые в земледелии

Среди пахотных дерново–подзолистых почв в зависимости от степени окультуренности выделяют: освоенные, окультуренные (на уровне подтипов) и сильноокультуренные или культурные (на уровне типа). Подзолистые пахотные почвы по своим диагностическим признакам близки к пахотным дерново–подзолистым.

Подтип: освоенные дерново-подзолистые почвы (рис. 5.4)

$A_{\text{пах}}$ — трансформированный гумусовый, нередко подзолистый, а иногда и переходный элювиально-иллювиальный или иллювиальный горизонт целинных почв, окраска светло-серая или серовато-бурая; структура непрочная-комковатая или комковато-поршистая, на поверхности часто образуется корка, мощность редко превышает 20 см; A_2 — подзолистый горизонт (часто отсутствует), мощность от 1–3 до 30 см, характеризуется теми же показателями, что и горизонт A_2 целинных почв; A_2B — переходный элювиально-иллювиальный горизонт (часто отсутствует), аналогичен по признакам и свойствам горизонту A_2B целинных почв, мощность от 1–2 до 10–15 см; B — иллювиальный горизонт, полностью сохраняет все свойства горизонта B целинных почв, суммарная мощность ($B_1 + B_2 + BC$) колеблется в пределах 70–100 см и более.

Содержание гумуса в $A_{\text{пах}}$ 1,5–2,5%, иногда до 3%, в групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты, $C_{\text{эк}} : C_{\text{фк}} — 0,5–0,7$, $EKO — 10–12$ мг-экв на 100 г; в горизонте A_2 резко снижается количество ила, сумма обменных оснований (1–2 мг-экв на 100 г) и EKO (4–6 мг-экв на 100 г); в горизонте B EKO обычно превышает EKO в пахотном горизонте. Содержание илистой фракции сильно возрастает по сравнению с горизонтами $A_{\text{пах}}$ и A_2 . Профиль также отчетливо дифференцирован по валовому составу, особенно по валовому содержанию полуторных оксидов. Почвы имеют кислую, реже слабокислую реакцию по всему профилю ($pH_{KCl} — 4,3–4,7$), степень насыщенности основаниями — 30–70%.

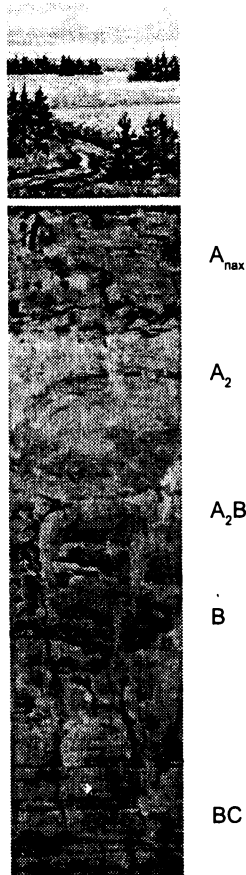


Рис. 5.4. Освоенные дерново-подзолистые почвы

Подтип: окультуренные дерново-подзолистые почвы (рис. 5.5)



Рис. 5.5. Окультуренные дерново-подзолистые почвы

5,5), насыщенность основаниями 60–80%.

Разделение на роды пахотных подзолистых почв, аналогично разделению целинных почв (дополнительно вводятся роды известковых и трансформированных, т.е. измененных ярусной или плантажной вспашкой почв).

Разделение на виды проводят:

– по мощности подзолистого горизонта: дерново-слабоподзо-

Часто отсутствуют горизонты A_2 , A_2B , иногда и горизонт A_1 .

$A_{\text{пах}}$ — серый или буровато-серый, мелкокомковатый или комковатый, мощность 20–25 см; A_1 — подпахотный прогумусированный горизонт, обычно небольшой мощности (5–10 см), структура комковатая или комковато-ореховатая; A_2 — подзолистый горизонт, часто отсутствует, верхняя часть прокрашена гумусом, мощность от 2–3 до 20 см; A_2B — при наличии горизонта A_2 имеет те же свойства, что и горизонт A_2B освоенных почв, при залегании непосредственно под $A_{\text{пах}}$ приближается по свойствам к горизонту B ; иллювиальный горизонт B — при залегании под A_2 и A_2B сохраняет свойства горизонта B освоенных почв. При залегании непосредственно под $A_{\text{пах}}$ окраска горизонта B темнее, структура мелкоореховатая или ореховатая, в подгоризонте B_2 или BC — ореховато-призматическая и призматическая.

Содержание гумуса в $A_{\text{пах}}$ — 2–3%, редко выше, отношение $C_{\text{зк}} : C_{\text{фк}}$ 0,6–0,8, ЕКО — 12–18 мг-экв на 100 г; в гор. A_1 содержание гумуса 1,0–1,5%; в гор. A_2 ЕКО — 6–12 мг-экв на 100 г. Сохраняется дифференциация профиля по илистой фракции и валовому содержанию полуторных оксидов. В верхнем 30–40 см слое реакция слабокислая (pH_{KCl} — 5,0–

листые — горизонт A_2 отсутствует или представлен отдельными линзами, карманами или горизонтом A_2B ; **дерново-мелкоподзолистые** — горизонт A_2 сплошной, мощностью 10–20 см; **дерново-глубокоподзолистые** — горизонт A_2 сплошной, мощность более 20 см;

- по мощности пахотного и гумусового горизонтов виды разделяются на **мелкопахотные** ($A_{\text{пах}}$ до 20 см), **среднепахотные** ($A_{\text{пах}} + A_1$ — 20–30 см) и **глубокопахотные** ($A_{\text{пах}} + A_1 > 30$ см). На суглинистых и глинистых породах дополнительно выделяется вид — **поверхностно-слабоглееватые**.

Тип: подзолистые культурные почвы (рис. 5.6)

Разделяются на три подтипа: глееподзолистые культурные, подзолистые культурные и дерново-подзолистые культурные. В достаточной степени изучена лишь диагностика третьего из этих подтипов. Дерново-подзолистые культурные почвы распространены очень ограниченно (приусадебные участки, старые огороды, сады и т.п.).

$A_{\text{пах}}$ — темно-серый, мелкокомковатый или зернистый, мощность 25–30 см. Под ним нередко залегает более светлый, различной мощности горизонт A_1 , A_2 — в большинстве случаев отсутствует, если имеется, то малой мощности (3–5 см) и сильно трансформированный (прокрашен гумусом, испещрен темными пятнышками, структура неясноплитчатая или неяснолистоватая); В — несет отпечаток трансформации, в верхней части (B_1) прокрашен гумусом, структура мелкоореховатая, ниже ореховатая; подгоризонты B_2 и ВС не несут никаких следов изменений

Содержание гумуса в $A_{\text{пах}}$ достигает 2,5–5% (иногда больше), постепенно снижается к нижней части горизонта

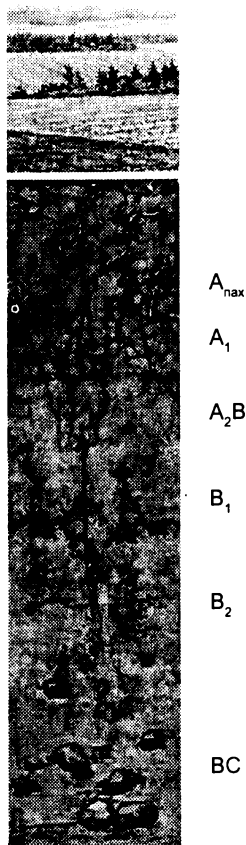


Рис. 5.6. Культурные дерново-подзолистые почвы

A_1 (1,5–2,0%). Отношение $C_{зк} : C_{фк} — 1,1–1,3$ и больше. ЕКО составляет 20–30 мг-экв на 100 г, в подзолистых культурных почвах значительно сглажена дифференциация профиля по содержанию обменных оснований, ЕКО, илистой фракции и валовому содержанию полуторных оксидов. Реакция почвы в верхнем 40–50-см слое слабокислая или близкая к нейтральной ($pH_{КСl} — 5,5–6,5$), степень насыщенности основаниями не падает ниже 80%.

Виды выделяются только по мощности гумусового горизонта: **среднепахотные** ($A_{пах} + A_1 < 30$ см) и **глубокопахотные** ($A_{пах} + A_1 > 30$ см).

5.4. Разделение пахотных дерново-подзолистых почв по степени эродированности

Пахотные дерново-подзолистые почвы по степени эродированности разделяют на:

- **слабосмытые** — вспашкой затронута самая верхняя часть горизонта A_2B (с сохранением его нижней части), вследствие чего пахотный слой заметно осветлен и имеет буроватый оттенок по сравнению с несмытой почвой, но в целом является достаточно прогумусированным; почвы залегают на склонах крутизной не более 3°; характерно наличие на поверхности почв редкой сети промоин, не заравнивающихся при обычной обработке; суммарный запас гумуса в верхнем (30 см) слое обычно на 20–25% ниже, чем в несмытой почве;

- **среднесмытые** — в распашку вовлечены целиком или частично горизонт A_2B и подгоризонт B_1 до B_2 , вследствие этого почти исчезают признаки подзолистости почв, а дифференциация профиля ослабляется; цвет пашни бурый, поверхность сильно пятнистая; почвы расположены обычно на покатых склонах (с уклоном 3–5°), поверхность пашни размыта частой сетью промоин;

- **сильносмытые** — распашана средняя или нижняя часть горизонта B_2 , верхняя часть профиля смыта так, что невозможно достоверно установить генетическое название первоначальной почвы; почвы встречаются на сильнопокатых волнистых склонах с уклонами 5–8°.

5.5. Тип дерново-карбонатные почвы (Д_к)

Подтип: дерново-карбонатные типичные (Д_к) (рис. 5.7)

A_0 — лесная подстилка, мощность 3–4 см; A_1 — темноокрашенный, часто с коричневым оттенком, структура зернистая или комковато-зернистая, мощность от 5 до 15 см; B_k — выражен фрагментарно или представляет собой постепенный переход в коренную породу; C_k — элювий известковых пород; D_k — коренная порода, присутствует не всегда. Профиль содержит много известкового щебня. Вскипание с поверхности или в горизонте A_1 .

Валовой состав по профилю не дифференцирован, содержание гумуса в A_1 от 5 до 20% и более. $C_{zk}:C_{fk} > 1$, в верхних горизонтах рН — 6,5–7,5, в нижних — реакция щелочная. ЕКО в гор. A_1 достигает 40–50 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 95–98%.

Подтип: дерново-карбонатные выщелоченные (Д_к^в) (рис. 5.8)

A_1 — гумусовый горизонт мощностью 20–30 см; в горизонте В признаки иллювиальности — уплотнен, нередко оглинен, окрашен в красноватые или бурые тона. Вскипание сразу под гумусовым горизонтом или в пределах горизонта В.

Содержание гумуса в горизонте A_1 — 3–10%, $C_{zk}:C_{fk} \approx 1$, в горизонте A_1 рН = 5,5–6,5, степень насыщенности основаниями 90–95%.

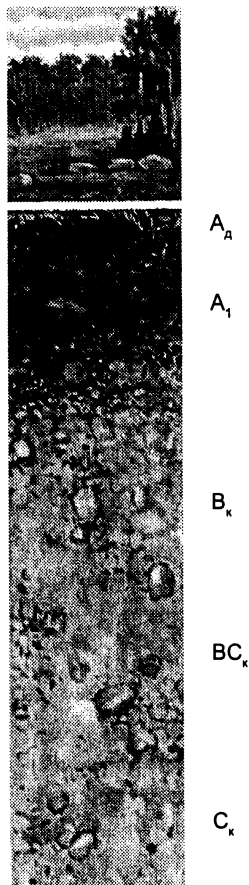


Рис. 5.7. Дерново-карбонатная типичная тяжелосуглинистая каменистая почва (рендзина) на карбонатной морене



Рис. 5.8. Дерново-карбонатные выщелоченные почвы

Подтип: дерново-карбонатные оподзоленные D_k^{on}

A_1 — гумусовый горизонт мощностью 20–30 см, нижняя осветленная часть горизонта A_1 выделяется как подгоризонт A_1A_2 , вскипание ниже подгоризонта B_1 .

A_0

A_1

B_k

C_k

Содержание гумуса от 3 до 12% в горизонте A_1 ; $C_{zk}:C_{fk} — 0,7–0,9$; ЕКО 20–30 мг-экв на 100 г почвы. В горизонте A_1A_2 некоторое снижение содержания ила. Степень насыщенности основаниями 50–60%.

В типе дерново-карбонатных почв выделяют следующие роды:

- **известковые** — (формируются на известняках и мраморах, характеризуются щебнистостью и каменистостью;
- **глинисто-мергелистые** — развиваются на мергелях, карбонатных песчаниках и глинах, отличаются отсутствием щебнистости и большей мощностью;
- **рикховые** — формируются на маломощном элювии плотных карбонатных пород, имеют небольшую мощность, примитивный профиль.

Разделение дерново-карбонатных почв на **виды** проводится по следующим признакам:

- по содержанию гумуса — **перегнойные** (> 12%), **многогумусные** (12–5%), **среднегумусные** (5–3%) и **малогумусные** (< 3%);
- по мощности гумусового горизонта — **маломощные** (< 15 см) и **среднемощные** (> 15 см).

5.6. Тип: дерново-глеевые почвы (D_r) (рис. 5.9)

A_0 — подстилка или перегнойный горизонт, мощность (от 5 до 30 см) зависит от степени переувлажнения почв; A_1 — гумусовый горизонт темно-срого цвета, может иметь следы оглеения, в

целинных почвах имеет зернистую структуру, в нижней части могут быть признаки оподзоливания (осветленные участки, белесая присыпка), мощность 20–30 см; В — переходный горизонт грязно-бурых тонов, всегда оглеен; степень оглеения может быть различна. При поверхностном увлажнении оглеение может быть только в верхней, а при грунтовом — в нижней части горизонта. Структура творожистая или зернистая.

Содержание гумуса в A_1 — 3–14%, в составе гумуса преобладают ГК, связанные с кальцием, реакция в верхних горизонтах нейтральная или слабокислая, в нижних — щелочная, степень насыщенности основаниями 70–90%, в оглеенных горизонтах — закисные формы железа.

В зависимости от характера увлажнения, степени оглеения и характера гумусового горизонта выделяют следующие подтипы:

- дерново-поверхностно-глееватые,
- дерново-грунтово-глееватые,
- перегнойные поверхностно-глеевые,
- перегнойные грунтово-глеевые.

Выделяют следующие роды дерново-глеевых почв: **карбонатные** — вскипают в пределах гумусового горизонта; **насыщенные** — вскипают под гумусовым горизонтом; **оподзоленные** — имеют признаки оподзоливания; **осолоделые** — имеют до 5% аморфной SiO_2 в верхней части профиля.

Разделение дерново-глеевых почв на виды проводят по содержанию гумуса: **малогумусные** — до 3%; **среднегумусные** (3–5%), **многогумусные** (5–12%) и **перегнойные** (> 12%).

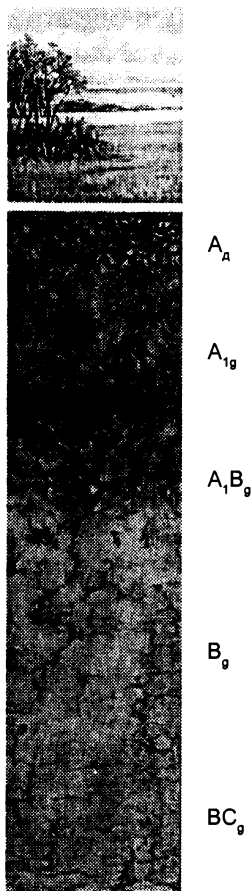


Рис. 5.9. Дерново-глеевая тяжелосуглинистая почва на делювиальных отложениях

5.7. Тип: торфяные болотные верховые почвы (B_v^T)

Подтип: болотные верховые торфяно-глеевые



A_0^T

T_1

T_2

T_3

Встречаются в краевых частях плоских депрессий, характеризуются малой мощностью торфяного горизонта (30–50 см)

Подтип: болотные верховые торфяные (рис. 5.10)

Род: обычные

A_0^T — сфагновый очес из неразложившихся стебельков сфагновых мхов, мощность 10–15 см; T_1 , T_2 — слои торфа, различающиеся по цвету (оттенки бурого цвета), плотности, степени разложения; С — глеевый горизонт, минеральный, грязно-голубой, сизоватый, с ржавыми пятнами.

Верховые болотные почвы имеют низкую зольность — менее 5% (переходные болотные почвы до 10%), высокую кислотность (pH_{KCl} — 2,5–3,8), низкую плотность 0,03–0,12 г/см³; высокую влагоемкость — 700–1500, иногда до 3000%, низкое содержание оснований и элементов питания, содержание азота 0,5–2%; ЕКО — 80–90 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями 10–30%. В составе гумусовых веществ преобладают ФК.

В типе верховых болотных почв выделяют также **роды:**

- **переходные**, образующиеся из болотной низинной почвы при потере верхними горизонтами связи с минерализованными грунтовыми водами;
- **гумусово-железистые** — характерны для торфяно-глеевых почв, развивающихся на песках.

Рис. 5.10. Болотная верховая торфяная почва

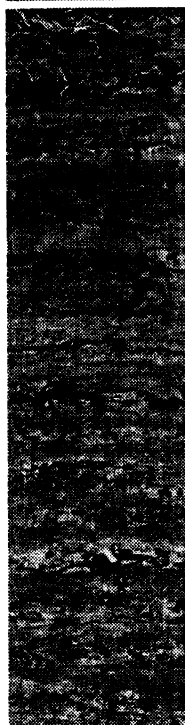
Верховые болотные почвы разделяют на виды:

- по мощности органогенного горизонта в торфяной залежи: **торфянисто–глеевые маломощные** (мощность торфа 20–30 см), **торфяно–глеевые** (30–50 см), **торфяные на мелких торфах** (50–100 см), **торфяные на средних торфах** (100–200 см) и **торфяные на глубоких торфах** (> 200 см);
- по степени разложения торфа в верхней толще (30–50 см) — **торфяные** (< 25%) и **перегнойно–торфяные** (25–45%).

5.8. Тип: торфяные болотные низинные почвы (B_n^T) (рис. 5.11)

Под верхним горизонтом A_0^T , сильно переплетенным корнями, мощностью 10–15 см, располагается средне-разложившийся торфяно–перегнойный горизонт T^{nT} или сильноразложившийся перегнойный T^n , ниже следуют слои торфа T_1 , T_2 , различающиеся по цвету, плотности, степени разложения, цвет низинных торфов обычно темно–бурый, черно–бурый, коричневый, минеральный глеевый горизонт вязкий, грязно–голубой, сизоватый, со ржавыми пятнами и прожилками.

Зольность низинных торфов более 10% (в высокозольных родах 30–50%), реакция среды слабокислая или нейтральная (pH_{KCl} 5,0–6,5), повышенное содержание азота (1,6–3,8%) и валового кальция (1,5–5% и более), высокая ЕКО — 130–200 мг–экв на 100 г. Почвы насыщены основаниями. Влаго-емкость 360–1000%, плотность — 0,1–0,45 г/см³. Содержание гумусовых веществ достигает 40–50% от массы торфа, в их составе преобладают гуминовые кислоты.



A_0^T

T^{nT}

T_1

T_2

T_3

T_4

Рис. 5.11. Болотная низинная торфяная почва

В типе торфяных болотных низинных почв выделяют следующие подтипы:

- **болотные низинные обедненные торфяно–глеевые** почвы;
- **болотные низинные обедненные торфяные** почвы — два этих подтипа формируются под воздействием слабоминерализованных грунтовых вод, имеют свойства промежуточные между низинными и верховыми;
- **болотные низинные (типичные) торфяно–глеевые** почвы;
- **болотные низинные (типичные) торфяные** почвы.

В типе низинных болотных почв выделяют следующие роды:

- **обычные** (нормально зольные, остальные роды многозольные);
- **карбонатные** — содержат от 5 до 20–30% карбоната кальция;
- **солончаковые** — содержат водорастворимых солей от 0,3 до 20%;
- **сульфатнокислые** — отличаются крайне кислой реакцией ($\text{pH}_{\text{KCl}} 1,1-3$);
- **оруденелые** — содержат 6–24% и выше Fe_2O_3 ;
- **заиленные** — верхняя часть профиля обогащена минеральными частицами.

Деление на **виды** проводят по следующим показателям:

- по мощности органогенного горизонта и торфяной залежи, аналогично делению типа болотных верховых почв;
- по степени разложения торфа — **торфяные** (до 25%), **торфяно–перегнойные** (от 25 до 45%) и **перегнойные** (> 45%).

5.9. Тип: болотно–подзолистые почвы (П⁶) (рис. 5.12)

Под лесной подстилкой располагаются у разных подтипов: A_0^r — торфянистый, $A_0^{пр}$ — перегнойно–торфянистый или A_0^n — перегнойный горизонты, мощность органогенных горизонтов обычно не превышает 20–30 см; A_1 — гумусовый горизонт, темноокрашен, зернисто–комковатой структуры, чаще слитный, может быть оглееным (A_{1g}) и иметь стальной оттенок, мощность не более 10–15 см; A_2 (A_{2g}) — подзолистый, светлоокрашенный, бесструктурный или слоегато–плитчатый, чешуйчатый, при оглеении имеет сизоватый оттенок, мощность от 5 до 40 см; В (B_g) — иллювиальный глееватый горизонт, окрашен в грязные тона и имеет сизоватые и охристые пятна.

Почвы характеризуются сильно-кислой реакцией ($pH_{КСЛ} 3,0-4,5$). В торфяных горизонтах зольность 10–60%, ЕКО до 80–100 мг-экв на 100 г, в перегнойных горизонтах содержание органического вещества до 20%, ЕКО — 40–50 мг-экв на 100 г, реакция близка к нейтральной.

Выделяются следующие подтипы болотно-подзолистых почв:

- торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные — ниже торфянистого горизонта находится оглеенный подзолистый, гумусовый горизонт отсутствует;
- дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные — под слабооторфованной дерниной — четко выраженный гумусовый горизонт;
- перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные — под маломощной подстилкой — перегнойный горизонт мощностью 10–20 см;
- торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные;
- дерново-подзолистые грунтово-оглеенные;
- перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные — подтипы грунтового увлажнения часто содержат гумус в иллювиальном горизонте.

Роды болотно-подзолистых почв, в основном, соответствуют родам дерново-подзолистых почв. Разделение болотно-подзолистых почв на **виды** проводят по следующим признакам: по мощности и положению в профиле глеевого горизонта, по мощности и оторфованности органического горизонта, по глубине оподзоливания.

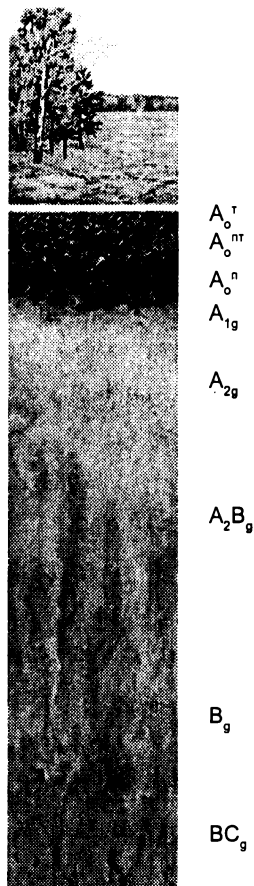


Рис. 5.12. Болотно-подзолистая почва

5.10. Тип: серые лесные почвы (Л)

Подтип: светло-серые лесные (Л₁) (рис. 5.13)

Род: обычные

Профиль четко дифференцирован на генетические горизонты по элювиально-иллювиальному типу, А₁ — гумусовый, светло-серый, зернисто-комковато-порошистый, мощностью 7–15 см; А₁А₂ — оподзоленный гумусовый, структура плитчатая, комковато-плитчатая; А₂В — элювиально-иллювиальный — неоднородной окраски, бурый с белесыми пятнами, комковато-ореховатая структура; В₁, В₂ — подгоризонты иллювиального горизонта, цвет темно-бурый или темно-коричневый, структура ореховатая или призмовидно-ореховатая с коричневыми пленками по граням структурных отдельностей.



A₀

A₁

A₁A₂

A₂B

B₁

B₂

BC

В гор. А₁ содержание гумуса от 3 до 6%, на глубине 15–25 см около 1%. С_{2зк}: С_{фк} — 0,9–1,2, рН_{КСl} — 4,0–4,7, ЕКО — 15–20 мг-экв на 100 г, степень насыщенности основаниями 75–90%. Наблюдается четкая дифференциация в профиле содержания илистой фракции, полуторных оксидов по элювиально-иллювиальному типу.

Подтип: серые лесные почвы (Л₂) (рис. 5.14)

Род: обычные

А₁ — гумусовый, мощность 15–20 см, цвет серый, структура мелкокомковатая; А₁А₂ — гумусово-элювиальный, мощность 10–15 см, белесовато-серый или светло-серый; А₂В — более темноокрашенный, мелкоореховатая структура, В — иллювиальный, имеет те же признаки, что и в светло-серых, С_к — карбонатный горизонт в виде прожилок и журавчиков на глубине 150–250 см.

Содержание гумуса 5–8%, в гумусо-

Рис. 5.13. Светло-серая лесная почва

вом горизонте $C_{зк}:C_{фк} — 1,2-1,3$ в верхнем горизонте $pH_{KCl} — 4,5-5,0$; ЕКО — 25–35 мг–экв на 100 г, сумма обменных оснований 20–30 мг–экв на 100 г. Дифференциация ила и полуторных оксидов по профилю выражена слабее, чем у светло-серых лесных почв.

Подтип: темно–серые лесные (Л₃)

(рис. 5.15)

Род: обычные

A_1 — гумусовый горизонт мощностью 20–30 см, цвет темно–серый, структура зернистая; A_1A_2 выделяется по наличию белесой присыпки; A_2B — горизонт с ясно выраженной мелкоореховатой структурой, цвет темно–бурый или темно–коричневый; В — иллювиальный горизонт с ореховатой структурой, на поверхности структурных отдельностей темные пленки, C_k — карбонатный горизонт — на глубине 120–200 см.

Содержание гумуса в верхнем горизонте 6–8,5%, на глубине 15–20 см — около 4%, $C_{зк}:C_{фк} — 1,5-1,7$, реакция в гор. A_1 слабокислая ($pH_{5,0-5,5}$), ЕКО — 30–45 мг–экв на 100 г, сумма поглощенных оснований 25–40 мг–экв на 100 г, степень насыщенности основаниями 97–99%, отмечается отчетливая дифференциация профиля по илистой фракции, дифференциация по валовому составу выражена слабее.

- В типе серых лесных почв выделяют также следующие роды:
- **остаточно–карбонатные**, развиты на карбонатных породах, вскипают в пределах горизонта В;
 - **контактно–луговые** — формируются на двучленных наносах, на контакте пород присутствует устойчиво переувлажненная прослойка;
 - **пестроцветные** — развиты на коренных пестроцветных толщах и корах выветривания, часто имеют тяжелый механический состав;



A_0

A_1

A_1A_2

A_2B

B_1

B_2

BC

C_k

Рис 5.14. Серая лесная тяжелосуглинистая почва



A_0

A_1

A_1A_2

A_2B

B_1

B_2

BC

— со вторым гумусовым горизонтом — имеют более темную окраску в нижней части гумусового горизонта или под горизонтом A_1A_2 .

Серые лесные почвы подразделяют на **виды** по следующим признакам:

— по глубине вскипания — **высоковскипающие** (выше 100 см) и **глубоковскипающие** (глубже 100 см);

— по мощности гумусового горизонта ($A_1 + A_1A_2$) — **мощные** (> 40 см), **среднемощные** (40–20 см) и **маломощные** (< 20 см).

Серые лесные глеевые почвы (J_r) выделяются в качестве самостоятельного типа, имеют оглеенные горизонты с поверхности или в нижней части профиля, в зависимости от характера переувлажнения, характеризуются повышенной мощностью гумусового горизонта и более высоким содержанием гумуса.

5.11. Серые лесные почвы, используемые в земледелии

Среди серых лесных почв, используемых в земледелии выделяют:

Рис. 5.15. Темно-серая лесная почва

подтип светло-серые лесные освоенные почвы — имеет горизонты $A_{\text{пах}}$ — (A_1A_2) — A_2B — B — C , горизонт A_1A_2 может отсутствовать; $A_{\text{пах}}$ — пахотный горизонт светло-серый, непрочнокомковато-порошистый; горизонт A_1A_2 обычно светлее предыдущего, мощность не более 10 см.

Содержание гумуса в $A_{\text{пах}}$ колеблется от 1,5 до 2,5%, в составе гумуса преобладают фульвокислоты, $C_{\text{зк}}:C_{\text{фк}} = 0,7-0,9$, $EKO = 10-15$ мг-экв на 100 г, содержание гумуса в $A_1A_2 = 1-1,5\%$, $pH_{KCl} = 4-4,7$ по всему профилю;

Остальные горизонты аналогичны горизонтам целинных почв;

подтип светло-серые лесные окультуренные — почвы имеют такую же систему горизонтов, как и освоенные; $A_{\text{пах}}$ — серый или

темно-серый, мелкокомковатый или комковато-зернистый, мощность более 20 см

Содержание гумуса 4–5%; $C_{зк}:C_{фк} — 1,2–1,5$, ЕКО — 20–25 мг-экв на 100 г, содержание гумуса убывает с глубиной постепенно: в гор. $A_1A_2 — 2–3\%$, в гор. $A_2B — 1,5–2\%$, реакция по всему профилю слабокислая или близкая к нейтральной ($pH_{KCl} 5,9–6,6$), насыщенность основаниями 80–100%;

подтип серые лесные освоенные — по морфологическим признакам сходны с целинными, $A_{пах}$ — серый, мелкокомковато-покрошистый, мощность 15–20 см;

Содержание гумуса 2–3,5%, $C_{зк}:C_{фк} — 1,3–1,5$, ЕКО — 20–25 мг-экв на 100 г, реакция слабокислая ($pH_{KCl} — 4,9–5,9$), насыщенность основаниями от 80 до 90–98%;

темно-серые лесные освоенные почвы выделяются как группа видов, морфология темно-серых лесных почв при освоении изменяется несущественно: пахотный горизонт утрачивает зернистую структуру, содержание гумуса в нем снижается до 3–4%, групповой состав гумуса сохраняется, $pH_{KCl} — 5,0–5,9$.

Деление освоенных серых лесных почв на **роды** и **виды** сохраняется таким же, как и для целинных почв.

Эродированные серые лесные почвы

Светло-серые лесные почвы с установившейся глубиной вспашки не менее 18–20 см, по степени эродированности делят на:

– **слабосмытые** — вспашкой затронута самая верхняя часть горизонта A_2B , вследствие чего пахотный слой заметно осветлен и имеет буроватый оттенок по сравнению с несмытой почвой, залегают на склонах крутизной не более 3° , на поверхности — редкая сеть промоин, не поддающихся заравниванию при обычной обработке, суммарный запас гумуса в верхнем горизонте (30 см) на 20–25% ниже, чем в несмытой почве;

– **среднесмытые** — в пашню вовлечена большая часть или весь горизонт A_2B , вплоть до горизонта В, поэтому почти исчезают морфологические признаки подзолистости почв и ослабляется дифференциация профиля. Цвет пашни бурый и обычно сильно пятнистый, почвы расположены на покатых склонах ($3–5^\circ$), поверхность пашни размыта частой сетью промоин;

– **сильносмытые** — встречаются отдельными участками, распаивается средняя или нижняя часть горизонта B_1 , верхняя часть почвенного профиля смыта, невозможно достоверно определить генетическое название исходной почвы, почвы находятся на

сильнопокатых волнистых склонах с уклонами 5–8°.

Серые и темно-серые лесные почвы с установившейся глубиной их вспашки не менее 20–25 см:

– **слабосмытые** — гумусовые горизонты смыты не более чем на одну треть первоначальной мощности, горизонт A_2B в пашню не вовлекается или едва захватывается на верхней границе;

– **среднесмытые** — гумусовый горизонт смыт более чем на одну треть, в пашню вовлекается верхняя часть горизонта B . Пахотный слой имеет буроватый оттенок;

– **сильносмытые** — гумусовый горизонт смыт полностью, пахотный слой представлен, в основном, горизонтом B и имеет бурый цвет. Определение исходной почвы даже на уровне подтипа невозможно.



A_0

A_0A_1

A_1

A_1A_2

AB_1

B_m

BC

C

5.12. Тип: бурые лесные почвы (буроземы) (Π_6) (рис. 5.16)

На территории России выделяют бурые лесные почвы умеренно теплой западной фации и глубоко промерзающие длительно сезонномерзлотные дальневосточной фации.

Подтип: бурые лесные слабонасыщенные почвы

Род: обычные

A_0 — подстилка, обычно мало-мощная (1–2 см); A_0A_1 — бурый с коричневатым или сероватым оттенком, структура мелкозернистая или порошисто-зернистая, грубогумусовый, мощность 4–6 см; A_1 — более светлый, зернисто-комковатый, часто с большим количеством щебня и дресвы, мощность 12–15 см; AB_1 — ореховато-комковатый или зернистый, слабо окрашен гумусом, щебнистый, мощность 9–20 см; B_m — метаморфический, плотный, щебнистый, тяжелосуглинистый, иногда с сизоватыми и ржавыми пят-

Рис. 5.16. Бурая лесная оподзоленная суглинистая почва

нами; ВС — тяжелосуглинистый, обогащен дресвой; С — почвообразующая порода.

Содержание гумуса 3–5%, в составе ППК — Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H^+ , реакция слабокислая — $pH_{н.о} = 4,3-6,0$, степень насыщенности основаниями более 60%, ЕКО — 12–40 мг-экв на 100 г.

В группе бурых лесных почв выделяют еще четыре типа: **бурые лесные глеевые, подзолисто-бурые лесные, подзолисто-бурые лесные глеевые, луговые подбелы**. Подтипы бурых лесных почв выделяют по форме органического вещества (**грубогумусовые**), по степени насыщенности ППК основаниями (**кислые, слабоненасыщенные**), по наличию оподзоленности (**оподзоленные**), по степени и глубине оглеения (**глееватые, глеевые**). В пределах подтипов, кроме обычных, выделяются роды: **остаточно-карбонатные, остаточно-ненасыщенные, контактно-глеевые, ферраллитизированные, вторично-дерновые почвы, галечниковые**. Бурые лесные почвы подразделяют на **виды**: по содержанию гумуса: **многогумусные (> 10%), среднегумусные (5–10%) и малогумусные (< 5%)**, а также по щебнистости и каменистости.

5.13. Тип: черноземы (Ч)

Подтип: черноземы оподзоленные

(Ч^{оп}) (рис. 5.17)

Род: обычные

А — гумусовый горизонт, цвет темно-серый или серо-черный, структура зернистая или ореховато-зернистая, после распашки становится глыбисто-комковатой, основной отличительный морфологический признак оподзоленных черноземов — наличие осветленной, мучнисто-белесой присыпки в нижней части А и в верхней части АВ, общая мощность гумусовых горизонтов

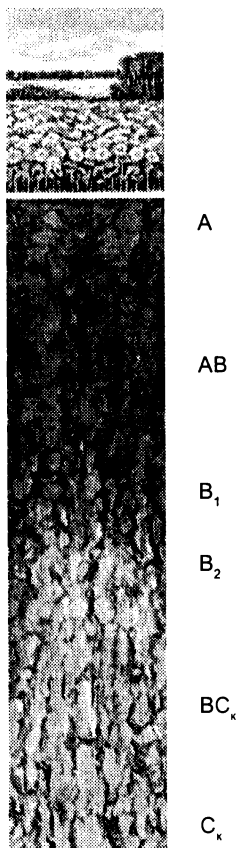


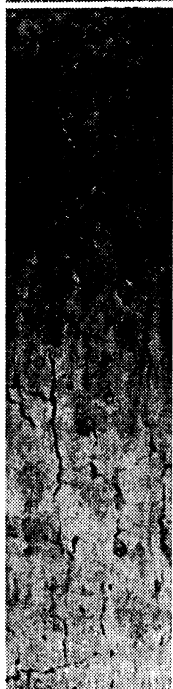
Рис 5.17. Чернозем оподзоленный среднегумусовый среднемощный тяжелосуглинистый на покровном суглинке

(A + AB) — 50–70 см; переходный горизонт В имеет бурую с темными пятнами окраску, структура ореховато–призматическая, вскипание и выделения карбонатов чаще всего глубже 100 см (130–150 см).

Содержание гумуса в горизонте А — 5–8%, ЕКО — 35–40 мг-экв на 100 г, реакция слабокислая (pH_{H_2O} 5,5–6,5), в переходном, обычно оглиненном, горизонте В (В) наблюдается относительное обогащение илистой фракцией и слабое накопление полуторных оксидов, глубина вскипания от HCl 130–150 см. В почвенном поглощающем комплексе содержатся Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , насыщенность основаниями 80–95%.

Подтип: черноземы выщелоченные (Ч^в) (рис. 5.18)

Род: обычные



A_{пах}

A

AB

B₁

B_к

Горизонт А — гумусовый, черносерой или серовато–черной окраски, имеет ясно выраженную зернистую (в пахотном слое чаще зернисто–комковатую) структуру и слабоуплотненное сложение, нижняя граница заметна по общему побурению окраски; горизонт АВ не всегда равномерно прогумусирован, имеет ореховатую или мелкокомковатую структуру, мощность гумусовых горизонтов (А+АВ) — 70–100 см; горизонт В — переходный, цвет бурый с темными гумусовыми языками, затеками, пленками на гранях структурных отдельностей, сложение уплотненное. Глубина вскипания и выделения карбонатов обычно совпадает (100–120 см).

Содержание гумуса в гор. А — 7–9%, отношение $C_{зк}:C_{фк}$ — 1,5–2,0, обменные катионы — Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , степень насыщенности основаниями 80–95%, ЕКО — 40–50 мг-экв на 100 г, pH_{H_2O} — 6,0–6,5. В горизонте АВ и бескарбонатной части горизонта В морфологически и по данным гранулометрического анализа может наблюдаться оглинение (накопление фракции ила).

Рис. 5.18. Чернозем выщелоченный

Подтип: черноземы типичные (Ч^т) (рис. 5.19)

Род: обычные

Горизонт А — гумусовый, цвет черно-серый или серовато-черный, структура зернистая, сложение слабоуплотненное, горизонт АВ темно-серый с буроватым оттенком, суммарная мощность горизонтов А+АВ — 70–130 см, вскипание наблюдается в нижней части горизонта А или в горизонте АВ (70–100 см), ниже появляются выделения карбонатов в виде рассеянного и редкого псевдомицелия. В горизонте В_к и ниже (ВС_к, С_к) наблюдается максимальное скопление карбонатов.

Содержание гумуса в горизонте А — 8–12%, обменные катионы — Ca²⁺, Mg²⁺, степень насыщенности основаниями более 90%, ЕКО — 40–70 мг-экв на 100 г, рН_{Н₂О} — 6,8–7,0, распределение ила и полуторных оксидов по профилю более или менее равномерное.

Подтип: черноземы обыкновенные (Ч^о) (рис. 5.20)

Род: обычные

Горизонт А — гумусовый, темно-серый, структура нечетко зернистая, комковато-зернистая, сложение рыхлое; горизонт АВ буровато-серый, постепенно светлеющий с глубиной, суммарная мощность горизонтов А+АВ — 60–80 см, вскипание наблюдается внизу гумусового горизонта или в начале переходного (60–80 см), глубже линии вскипания появляются выделения карбонатов в виде редкого псевдомицелия или неясных пятен, максимум накопления карбонатов наблюдается в нижней части горизонта В_к или в горизонте ВС_к (в виде белоглазки).

Содержание гумуса в горизонте А — 6–8%, отношение C_{зк}:C_{фк} около 2, обменные катионы — Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, степень насыщенности основаниями — 100%, ЕКО — 35–45 мг-экв на 100 г почвы,

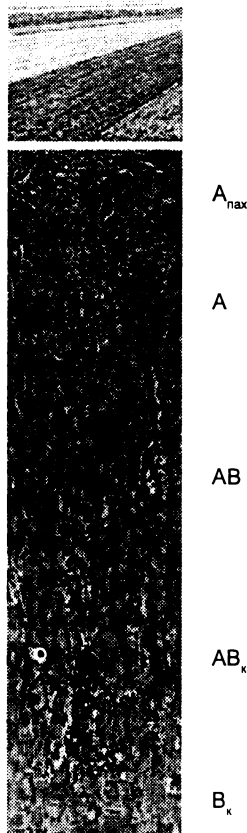
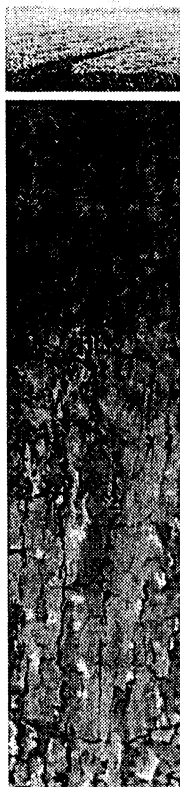


Рис. 5.19. Чернозем типичный

pH_{H_2O} — 7,0–7,3, закономерной дифференциации ила и полуторных оксидов по профилю не наблюдается.



Подтип: черноземы южные (Ч^ю)
(рис. 5.21)
Род: обычные

A_{пах} Горизонт А — темно-серый с легким буроватым или коричневатым оттенком, структура зернистая или зернисто-комковатая; в горизонте АВ буроватый оттенок выражен сильнее, структура ореховато-комковатая и зернисто-комковатая, суммарная мощность горизонтов А + АВ — 40–60 см, вскипание на нижней границе горизонта А, иногда с поверхности, выделения карбонатов — в непосредственной близости от линии вскипания, сначала в виде неясных выцветов, пятен и псевдомицелия, глубже — в форме белоглазки, горизонт максимального скопления карбонатов характеризуется наибольшим уплотнением. На глубине 1,5–2,0 м появляются выделения гипса в виде мучнисто-кристаллических жилок, пятнышек и друз.

A

AB

B_к

BC_к

C_к

Содержание гумуса в горизонте А — 4–6%, обменные основания: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ; степень насыщенности основаниями — 100%, ЕКО — 30–35 мг-экв

Рис. 5.20. Чернозем обыкновенный

на 100 г, pH_{H_2O} — 7,0–7,3, в гипсовом горизонте могут содержаться легкорастворимые соли в количестве до 1,5% (по плотному остатку в водной вытяжке).

В подтипах черноземов кроме обычных выделяют следующие роды:

– **слабодифференцированные** — развиваются на легких супесчаных и песчаных породах, характеризуются неясными границами генетических горизонтов и нетипично выраженными морфологическими признаками;

– **глубоковскипающие** — типичные, обыкновенные и южные

черноземы, формируются на легких породах или в условиях лучшего промачивания, характеризуются более глубоким вскипанием по сравнению с обычными;

– **бескарбонатные** — развиты на породах, бедных силикатным кальцием. Отсутствуют вскипание и выделение карбонатов, верхние горизонты насыщены основаниями и имеют нейтральную реакцию, нижние горизонты могут быть слабокислыми;

– **карбонатные** — характеризуются вскипанием с поверхности и по всему профилю, среди оподзоленных и выщелоченных черноземов не встречаются;

– **солонцеватые** — в пределах гумусового слоя имеют солонцеватый уплотненный горизонт с содержанием обменного Na от 5 до 15% от ЕКО, выделяются среди обыкновенных и южных черноземов;

– **осолоделые** — имеют белесую присыпку в гумусовом горизонте, профиль дифференцирован по илу и полуторным оксидам, плотность часто повышенная;

– **слитые** — развиты на иловато-глинистых породах, имеют очень плотное слитое сложение горизонта В, глыбисто-призмовидная структура;

– **неполноразвитые** — имеют слаборазвитый профиль, формируются на хрящевато-щебнистых породах.

Деление черноземов на **виды** осуществляется:

– по мощности гумусового горизонта — **сверхмощные** (>120 см), **мощные** (120–80 см), **среднемощные** (80–40 см), **маломощные** (40–25 см) и **очень маломощные** (< 25 см);

– по содержанию гумуса — **тучные** (>9%), **среднегумусные** — от 9 до 6%, **малогумусные** — от 6 до 4% и **слабогумусированные** — <4%.



Рис. 5.21. Чернозем южный

Разделение черноземов по степени эродированности

Разделение черноземов по степени эродированности при первоначальной мощности гумусовых горизонтов более 50 см:

— **слабосмытые** — горизонт А смыт на 30%, пахотный слой не отличается по цвету от несмытых участков пашни;

— **среднесмытые** — горизонт А смыт более чем наполовину, пахотный слой отличается незначительным буроватым оттенком;

— **сильносмытые** — полностью смыт горизонт А и частично АВ, цвет пахотного слоя бурый, сильно выражена глыбистость и склонность к образованию корки.

При первоначальной мощности гумусовых горизонтов до 50 см:

— **слабосмытые** — смыто до 30% гумусовых горизонтов (А+АВ), цвет пашни не изменяется;

— **среднесмытые** — гумусовые горизонты (А+АВ) смыты на 30–50%, цвет пашни буроватый, под пахотным горизонтом залегают горизонт В бурой окраски;

— **сильносмытые** — смыта большая часть гумусовых горизонтов (А+АВ), окраска пашни близка к цвету почвообразующей породы, структура глыбистая.

5.14. Тип: лугово–черноземные почвы (Ч^л)

Полугидроморфные аналоги черноземов формируются в понижениях при неглубоком уровне залегания грунтовых вод (3–6 м).

Подтип: луговато–черноземные почвы

По морфологии и свойствам близки к автоморфным черноземам, отличаются от них повышенным содержанием гумуса и большей мощностью гумусового горизонта, слабыми и неустойчивыми признаками глубинного переувлажнения (ржаво–охристые прожилки, оливково–серые примазки на глубине 2–3 м). В подзонах обыкновенных и южных черноземов луговато–черноземные почвы часто бывают солонцеватыми.

Подтип: лугово–черноземные почвы

Почвенный профиль устойчиво находится в зоне капиллярного поднятия грунтовой влаги. По сравнению с луговато–черноземными почвами имеют более явные признаки гидроморфизма — интенсивное гумусонакопление, потечность гумуса, устойчивое оглеение нижней части профиля.

5.15. Тип: каштановые почвы (К)

Подтип: темно-каштановые почвы (К₃) (рис. 5.22)

Род: обычные

Горизонт А — гумусовый, окраска буровато- или коричневатого-темно-серая, структура порошисто-мелкозернистая, АВ — переходный гумусовый, окраска более бурая, прогумусирован не вполне равномерно, уплотнен, структура призмовидно-комковатая, горизонт В прогумусирован неравномерно, потеками или пятнами, в горизонте В_к — скопление карбонатов (в виде пятен, белоглазки), вскипание на глубине 35–40 см, суммарная мощность горизонтов А + АВ 40–45 см, в почвообразующей породе на глубине 150–200 см залегают гипс и водорастворимые соли.

Содержание гумуса в горизонте А — 4–5%, в горизонте А_{пах} — 3–4%, $C_{ск}:C_{фк} > 1$, обменные катионы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , ЕКО — 30–35 мг-экв на 100 г, рН_{Н,О} в гумусовом слое — 7,1–7,5. Распределение ила и полторных оксидов в профиле равномерное (кроме солонцеватых разностей).

Подтип: каштановые почвы (К₂) (рис. 5.23)

Род: обычные

Горизонт А — гумусовый, окраска буровато- или коричневатого-серая, структура пороховато-комковатая, АВ — переходный гумусовый, окраска более бурая, крупнокомковатый, прогумусированность неравномерная, в горизонте В — призмовидно-крупнокомковатая структура, вскипание на глубине 30–35 см, скопление карбонатов в виде пятен и белоглазки в горизонте В_к на глубине 50–80 см, горизонты ВС_к и С_к сильно уплотнены при высыхании, глубина залегания гипса и водорастворимых солей 100–150 см.

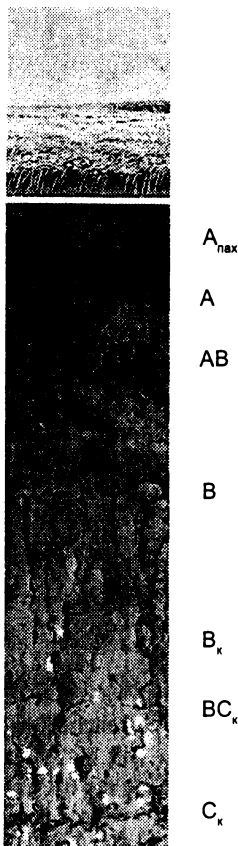


Рис. 5.22. Темно-каштановая почва



Рис. 5.23. Каштановая глинистая почва на сыртовой глине

Содержание гумуса в горизонте А — 3–4%, в горизонте $A_{\text{пах}}$ — 2–3%, отношение $C_{\text{зк}}:C_{\text{фк}} \geq 1$, обменные катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , ЕКО — 20–30 мг-экв на 100 г, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ в горизонте А — 7,1–7,5, распределение ила и полуторных оксидов в профиле равномерное (кроме солонцеватых разностей).

А

Подтип: светло-каштановые почвы (K_1) (рис. 5.24)

АВ

Род: обычные

В

Горизонт А — светло-каштановый, бесструктурно-слоеватый, малой мощности (около 15 см); горизонт АВ бурый, комковатый, уплотненный, вскипание на глубине 20–25 см, карбонатные горизонты B_k , BC_k и C_k имеют скопления карбонатов в виде белоглазки, очень плотные, гипс и водорастворимые соли на глубине 80–120 см.

B_k

BC_k

C_k

Содержание гумуса в горизонте А 2,0–2,5%, в $A_{\text{пах}}$ — 1,5–2,0%, отношение $C_{\text{зк}}:C_{\text{фк}} < 1$, из-за почти повсеместного проявления солонцеватости верхние горизонты обеднены илистой фракцией и полуторными оксидами по сравнению с нижележащими.

Кроме обычных в подтипах каштановых почв выделяют следующие роды:

- солонцеватые содержат в ППК от 3 до 15% от ЕКО обменного натрия. Имеют уплотненный горизонт АВ с комковато-призматической или глыбистой структурой. По содержанию натрия (% от ЕКО) делятся на виды: **слабосолонцеватые** — 3–5%, **среднесолонцеватые** 5–10% и **сильносолонцеватые** — 10–15%;
- солончаковатые — содержат в профиле водорастворимые соли;
- **глубоковскипающие**;
- **карбонатные**;
- **слитые**;

– **неполноразвитые.**

Признаки выделения родов каштановых почв аналогичны признакам, принятым для черноземов.

Разделение каштановых почв на виды осуществляется с учетом мощности гумусовых горизонтов (А + АВ): **мощные** (> 50 см), **среднемощные** (30–50 см), **маломощные** (20–30 см) и **очень маломощные** (< 20 см).

5.16. Тип: лугово–каштановые почвы (К_л)

Полугидроморфные аналоги каштановых почв, формируются в пониженных элементах рельефа с повышенным увлажнением за счет временного скопления поверхностных вод или за счет грунтовых вод, находящихся на глубине 3–5 м.

По морфологическим признакам лугово–каштановые почвы близки к каштановым, отличаются от них большим содержанием гумуса. Среди темно–каштановых и каштановых почв лугово–каштановые содержат в горизонте А 4–6% гумуса; среди светло–каштановых — до 4% гумуса. В составе гумуса преобладают ГК ($C_{гк} : C_{фк} = 1,5–2,5$).

Выделяют подтипы:

- **луговато–каштановые** — с очень слабым проявлением процесса оглеения;
- **лугово–каштановые** — с заметными проявлениями процесса оглеения.

Разделение каштановых почв по степени эродированности:

- **слабосмытые** — смыто до 30% первоначальной мощности гумусовых горизонтов А + АВ, в пашню вовлекается небольшая, самая верхняя темноокрашенная часть горизонта В;
- **среднесмытые** — смыто 30–50% мощности горизонтов А + АВ, при вспашке вовлекается в пахотный слой значитель-

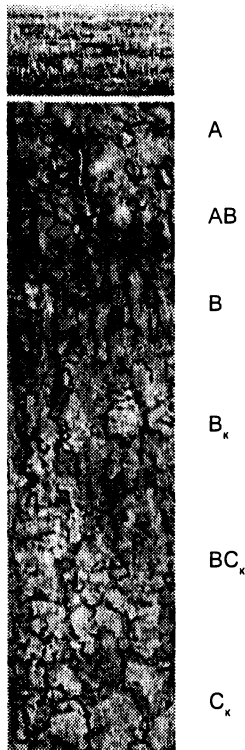


Рис. 5.24. Светло–каштановая сильно–солонцеватая тяжело–суглинистая почва на карбонатном суглинке

ная часть или весь горизонт B_1 ; под пахотным слоем — переходный горизонт B_2 ;

- **сильносмытые** — смыта большая часть гумусового горизонта, цвет пашни приближается к цвету почвообразующей породы, под пахотным слоем находятся нижние горизонты почвенного профиля.

5.17. Тип: бурые полупустынные почвы (C_6) (рис. 5.25)



A

B

B_k

BC_(к, г, с)

C_(к, г, с)

Горизонт А — сверху имеет комковатую, крупнопористую корочку (2–4 см), ниже светло-серый, слоистый, мощностью 10–12 см; горизонт В — бурый или светло-бурый, крупнокомковатый, уплотненный, вскипает, мощность 12–15 см; горизонт B_k — желто-бурый, плотный, комковато-ореховатый, выделения карбонатов в виде белоглазки, мощность 25–40 см; $BC_{к, г, с}$, переходный к породе, содержит карбонаты, гипс, водорастворимые соли; $C_{к, г, с}$ — бесструктурный, с выделениями гипса и растворимых солей.

Содержание гумуса 1–1,5% (редко до 1,8%), в составе гумуса преобладают фульвокислоты. В составе ППК преобладают Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержание Na^+ от 1 до 15% от ЕКО. Величина ЕКО 15–20 мг-экв на 100 г, реакция в верхних горизонтах слабощелочная (рН 7,4–7,6), в нижних — щелочная (рН 8,2–8,8). В горизонте В наблюдается накопление илистых частиц, а в солонцеватых разностях — дифференциация профиля и по полуторным оксидам.

В типе бурых полупустынных почв выделяют только фациальные подтипы и следующие роды:
– обычные;

Рис. 5.25. Бурая полупустынная почва

- слабодифференцированные;
- солончаковатые;
- солонцеватые;
- гипсоносные.

Разделение на виды осуществляется по глубине, типу и степени засоления, по степени солонцеватости, по глубине залегания, мощности гипсового горизонта и содержанию в нем гипса.

Солонцы (C_n)

К солонцам относятся почвы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном горизонте (более 15% от ЕКО) или повышенное содержание обменного магния (более 40% от ЕКО) при содержании обменного натрия менее 15%. Типы солонцов выделяют в соответствии с характером увлажнения, подтипы — по зональному принципу, роды — по химизму, глубине и степени засоления.

5.18. Тип: солонцы автоморфные

Формируются в условиях непромывного водного режима при отсутствии влияния грунтовых вод.

Подтип: солонцы черноземные (рис. 5.26)

Род: солончаковые

Горизонт А — гумусовый (надсолонцовый), иногда может разделяться на А₁ (гумусовый) и А₂ (белесый осолоделый), окраска темно-серая, структура пластинчато-комковатая; В₁ — иллювиально-гумусовый (солонцовый), темно-бурый, интенсивно прогумусированный, столбчатая, призматическая или ореховатая структура, очень плотный, мощность А + В₁ — 30–40 см; горизонт В₂ (к, г, с) — подсолонцовый, крупноореховатый или призмовидно-комковатый, потечно-прогумусированный по граням структурных отдельностей, может содержать карбонаты, водорастворимые соли и гипс; С (к, г, с) — засоленная почвообразующая порода.

Содержание гумуса в горизонте А — 5–7%, состав гумуса близок к составу гумуса черноземов, а в горизонте В состав гумуса фульватный, содержание обменного натрия чаще всего 10–20% от ЕКО. Дифференциация по илу между горизонтами А и В₁ значительная (примерно в соотношении 1:2).

Подтип: солонцы каштановые

Почвы этого подтипа близки по морфологическим признакам и основным свойствам к солонцам черноземным, однако в этих почвах заметно ослаблен дерновый процесс. Содержание гумуса 2–4%, общая мощность А + В₁ — 20–30 см, резкая дифференциация профиля по илу, скопления солей в виде выцветов и жилок с глубины 35–50 см.

Подтип: солонцы полупустынные

Отличаются слабой выраженностью биогенно-аккумулятивного и элювиально-иллювиального солонцового процессов.

5.19. Тип: солонцы полугидроморфные

Формируются при дополнительном грунтовом или смешанном увлажнении. Водный режим пульсирующий: кратковременно неглубоко-промывной с последующим длительным выпотным периодом. Солонцовый процесс в полугидроморфных условиях выражен наиболее ярко. Солонцовый профиль четко дифференцирован на генетические горизонты как по морфологическим при-

знакам (сходным с признаками автоморфных солонцов), так и по аналитическим показателям; основное отличие от автоморфных солонцов состоит в наличии водоносного грунтового горизонта. Подтипы выделяются по принадлежности к основным почвенно-географическим зонам: солонцы лугово-черноземные, солонцы лугово-каштановые, солонцы лугово-полупустынные и солонцы полугидроморфные мерзлотные.



Рис. 5.26. Солонец каштановый

5.20. Тип: солонцы гидроморфные

Формируются в условиях повышенного (обычно смешанного) увлажнения с близким (1–3 м) залеганием грунтовых вод. Верхняя часть морфологического профиля имеет обычное “солонцовое” строение с заметной дифференциацией надсолонцового и подсолонцового горизонтов; в нижней части профиля наблюдаются признаки оглеения в виде сизых, ржавых примазок, черносерых гумусированных прожилок и затеков. В этом типе выделяют четыре подтипа: черноземно–луговые, каштаново–луговые, лугово–болотные и луговые мерзлотные.

Разделение на роды и виды общее для всех типов солонцовых почв. Для выделения родов принимаются характеристики солевого профиля по ряду показателей.

По глубине залегания (верхней границе) выделений легкорастворимых солей: 0–30 см — **солончаковые**; 30–50 см — **высокосолончаковатые**; 50–100 см — **солончаковатые**; 100–150 см — **глубокосолончаковатые**; 150–200 см — **несолончаковатые (глубокозасоленные)**.

По химизму (типу) засоления: **содовые, смешанные, содово-сульфатные, содово-хлоридно-сульфатные**. Нейтральные: **сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные**.

По степени засоления: **солонцы–солончаки, сильнозасоленные, средnezасоленные, слабозасоленные, незасоленные** (встречаются редко).

По глубине залегания карбонатов и гипса: **высококарбонатные** — выше 40 см, **глубококарбонатные** — ниже 40 см; **высокогипсовые** — выше 40 см, **глубокогипсовые** — ниже 40 см.

Разделение на виды: по мощности надсолонцового горизонта А — **корковые (< 5 см), мелкие (5–10 см), средние (10–18 см) и глубокие (> 18 см)**; по содержанию обменного Na в горизонте B_1 — **малонатриевые** (до 10% от емкости обмена), **средненатриевые (10–25%)** и **многонатриевые (25% и более)**; по структуре горизонта B_1 — **ореховатые, столбчатые, глыбистые**.

Солончаки (C_k)

Солончаки — это почвы, очень сильно засоленные с поверхности и по всему профилю. Выделяют два типа солончаков: солончаки автоморфные и солончаки гидроморфные. *При содовом засолении к солончакам относятся почвы с содержанием солей более 0,5–0,6%, при хлоридном — более 0,7–0,8%, при сульфатном — более 2,0%* (табл. 5.1 и 5.2).

5.1. Химизм — тип засоления почв (по Н. И. Базилевич и Е. П. Панковой)

По анионному составу	Отношение анионов, м-экв			Отношение катионов и анионов, м-экв	По катионному составу	Отношение катионов, м-экв		
	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^-}$	$\frac{HCO_3^-}{SO_4^{2-}}$			$\frac{Na^+}{Mg^{2+}}$	$\frac{Na^+}{Ca^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$
Хлоридное	≥ 2,5	-	-		Натриевый	> 1	> 1	-
Сульфатно-хлоридное	2,5-1	-	-		Магниево-натриевый	> 1	> 1	> 1
Сульфатное	< 0,2	-	-		Кальциево-натриевый	> 1	> 1	< 1
Содово-хлоридное	> 1	< 1	> 1	$HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Кальциево-магниевый	< 1	< 1	> 1
Содово-сульфатное	< 1	> 1	< 1	$Na^+ > Mg^{2+}$	Натриево-магниевый	< 1	> 1	> 1
Хлоридно-содовое	> 1	> 1	> 1	$Na^+ > Ca^{2+}$	Натриево-кальциевый	> 1	< 1	< 1
Сульфатно-содовое	< 1	> 1	> 1		Магниево-кальциевый	< 1	< 1	< 1
Сульфатно-или хлоридно-гидрокарбонатное	любое > 1	> 1	> 1	$Na^+ < Ca^{2+}$ $Na^+ < Mg^{2+}$ $HCO_3^- > Na^+$	Магниевый	< 1	-	> 1

5.2. Классификация почв по степени и качеству засоления (В.А. Ковда, В.В. Егоров и др.)

Степень засоления почв, состояние сельскохозяйственных растений, характеризующихся средней солеустойчивостью	Тип засоления, плотный остаток, %								
	содовый	хлоридно-содовый	сульфатно-содовый	содово-хлоридный	содово-сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный	сульфатный
Практически незасоленный (хороший рост и развитие растений)	< 0,1	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,2	< 0,25	< 0,15	< 0,3
Слабозасоленные (слабое угнетение, выпад растений и снижение урожайности на 10-20%)	0,1-0,2	0,15-0,25	0,15-0,3	0,15-0,25	0,15-0,25	0,2-0,3	0,25-0,4	0,15-0,3	0,3-0,6
Среднезасоленные (среднее угнетение, снижение урожайности на 20-50%)	0,2-0,3	0,25-0,4	0,3-0,5	0,25-0,4	0,25-0,5	0,3-0,6	0,4-0,7	0,3-0,5	0,6-1,0
Сильнозасоленные (сильное угнетение, снижение урожайности на 50-80%)	0,3-0,5	0,4-0,6	0,5-0,7	0,4-0,6	0,5-0,7	0,6-1,0	0,7-1,2	0,5-0,8	1,0-2,0
Солончаки (урожай практический отсутствует)	> 0,5	> 0,6	> 0,7	> 0,6	> 0,7	> 1	> 1,2	> 0,8	> 2,0

5.21. Тип: солончаки автоморфные

Приурочены к выходам на поверхность древних засоленных пород, обычно засоленных глин (солончаки литогенные) или представляют собой солончаки, сохранившиеся от предшествовавшего гидроморфного почвообразования (древнегидроморфные). Грунтовые воды залегают глубже 10 м и не имеют связи с поверхностью почвы. Соли образуют на поверхности выцветы, корочки и рыхлые горизонты из скоагулированных частиц почвы и кристаллов солей, сверху прикрытые вспученной, морщинистой, землистой, пропитанной солями коркой (0,5–1,0 см). В древнегидроморфных солончаках может быть остаточный гумусовый горизонт. *В поверхностном горизонте содержится не менее 1% легкорастворимых солей (при хлоридно-сульфатном засолении) и 0,5% (при содовом засолении); в самой верхней части горизонта содержание солей может достигать нескольких процентов.* Выделяют два подтипа: солончаки **автоморфные типичные** с максимумом солей на поверхности почвы и **солончаки автоморфные отакыренные**, представляющие собой начальную стадию рассоления типичного автоморфного солончака. Поверхность отакыренных солончаков выровненная, над пухлым солевым горизонтом образуется очень маломощная (до 2 см) хрупкая, относительно рассоленная корочка, разбитая на мелкие полигоны. Остальная часть профиля солончаковая.

Разделение на **роды**: по типу засоления — **сульфатно-хлоридные** и **сульфатно-хлоридно-нитратные**; по источникам засоления — **литогенные, древнегидроморфные** и **биогенные (нитратные)**. Разделение на **виды**: по характеру распределения солей по профилю — **поверхностные** (соли сосредоточены у поверхности — в слое 0–30 см) и **глубинно-профильные** (засолен весь профиль); по морфологии **поверхностного горизонта** — **пухлые, отакыренные** и **выцветные**.

5.22. Тип: солончаки гидроморфные

Развиваются в условиях близкого (0,5–3,0 м) залегания минерализованных почвенно-грунтовых вод.

Подтип: солончаки типичные (рис. 5.27)

Растительность либо отсутствует, либо крайне изрежена. Профиль слабо дифференцирован на горизонты. Гумусовый горизонт слаборазличим, *содержание гумуса редко превышает 1%*. В верхнем горизонте — обильные скопления солей. На разной глубине

сизоватые и охристые пятна, а с 1–2 м более выраженные признаки оглеения.

Солончаки, засоленные нейтральными солями (хлоридами и сульфатами), имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды (pH_{H_2O} 7,2–7,5), при содовом засолении их реакция сильнощелочная (pH_{H_2O} до 9–10).

Подтип: солончаки луговые

Образуются в результате засоления луговых почв и сохраняют их остаточные признаки: *содержание гумуса от 1–2 до 10% в зависимости от зоны, с 40–70 см заметны признаки оглеения, с глубиной усиливающиеся.*

Подтип: солончаки болотные

Образуются при засолении болотных почв (обычно лугово–болотных и низинных торфяно– или торфянисто–глеевых). Оглеение по всему профилю.

Подтип: солончаки соровые

Встречаются на днищах периодически высыхающих соленых озер.

Подтип: солончаки грязево–вулканические

Образуются в результате излияния на поверхность глубинных солевых грязей.

Подтип: солончаки бугристые

Представляют собой навейные подкустовые бугры сильнозасоленного землистого материала.

Разделение солончаков на **роды** проводят по составу солей в профиле и в грунтовых водах, а также по строению и водопроницаемости почв, почвообразующих и подстилающих пород. Разделение на **виды** — по характеру распределения солей по профилю (**поверхностные** — соли сосредоточены в слое 0–30 см и **глубокопрофильные** — соли в значительных количествах содержатся во всем профиле) и по морфологии поверхностного горизонта (**пухлые, отакыренные, корковые, выцветные** и др.).



Рис. 5.27. Солончак

5.23. Тип: солоди (C_д)

По степени гидроморфности выделяют 3 подтипа:

Подтип: солоди лугово–степные (дерново–глееватые)

Развиваются в небольших понижениях рельефа на степных недренированных равнинах с повышенным поверхностным увлажнением и относительно глубокими (6–7 м) грунтовыми водами. Профиль характеризуется слабым развитием дернового процесса: под малогумусной дерниной залегает осолоделый горизонт, оглеение в конце первого метра слабое и непостоянное, ниже — устойчивое. Вскипание и выцветы карбонатов на глубине около 1 м.

Подтип: солоди луговые (дерново–глеевые)

Род: обычные

Развиваются в крупных степных понижениях с большим водосбором или в незаболоченных лесисто–травяных западинах, грунтовые воды относительно неглубоко (1,5–3,0 м).

Горизонт A₁ — гумусовый, мощностью 10–15 см; A₂ — осолоделый, слоеватый элювиальный горизонт (10–15 см); A₂B_g — переходный к иллювиальному, часто оглеен; B_g (к, г, с) — иллювиальный, оглеенный, ореховато–призмовидной структуры, может подразделяться на отдельные подгоризонты с выделением карбонатов, гипса и водорастворимых солей; C_g (к, г, с) — почвообразующая оглеенная порода.

Гумусовый горизонт содержит 5–8% гумуса, в составе гумуса в самом верхнем слое незначительно преобладают ГК, а ниже ФК. В составе ППК в горизонтах A₁ и A₂ — Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺ и Al³⁺, реакция в этой части профиля кислая (pH_{KCl} — 5–6). В горизонте B содержатся — Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ (до 10% и более от ЕКО), поэтому реакция в нижней части профиля щелочная (pH_{KCl} 8,1–8,4). В профиле солодей наблюдается дифференциация ила и полуторных оксидов по элювиально–иллювиальному типу.

Подтип: солоди лугово–болотные (рис. 5.28)

Формируются в глубоких понижениях с длительным (более одного месяца) застаиванием поверхностных вод. Грунтовые воды залегают на глубине 1–2 м. Оглеение по всему профилю, верхний горизонт может быть оторфованным.

Кроме обычных в подтипах солодей выделяют роды: **бескарбонатные** — во всем профиле отсутствуют карбонаты; **солончакватые** — содержат не менее 0,3% водорастворимых солей на глубине 30–80 см.

Разделение на виды проводят: по глубине осолодения (мощность горизонтов $A_1 + A_2$) — **мелкие** (< 10 см), **среднемощные** (10–20 см) и **глубокие** (> 20 см); по мощности гумусового горизонта (A_p) — **дернинные** или **типичные** (< 5 см), **мелкодерновые** (5–10 см), **среднедерновые** (10–20 см) и **глубокодерновые** (> 20 см); по содержанию гумуса — **светлые** (< 3%), **серые** (3–6%) и **темные** (> 6%).

5.24. Аллювиальные почвы

По характеру водного режима и связанных с ним процессов обмена между почвой и растительностью аллювиальные почвы делятся на три группы:

- **дерновые** — формируются в условиях кратковременного увлажнения паводковыми водами в прирусловой части поймы, имеют легкий гранулометрический состав, часто слоистое строение, следы оглеения отсутствуют;
- **луговые** — развиваются в условиях увлажнения паводковыми и грунтовыми водами, залегающими на глубине 1–2 м, обычно в центральной пойме, гранулометрический состав суглинистый и глинистый;
- **болотные** — развиваются в притеррасной пойме в условиях длительного паводкового и устойчивого избыточного атмосферно-грунтового увлажнения, характеризуются накоплением неразложившихся растительных остатков.

По реакции и другим свойствам аллювиальные почвы также делятся на три группы: **кислые**, характеризующиеся ненасыщенностью основаниями; **насыщенные основаниями**, обычно нейтральные и слабокислые; **карбонатные** — имеющие слабощелочную реакцию.

Разделение аллювиальных дерновых и луговых почв по этим критериям позволяет выделить **шесть типов почв**: аллювиальные

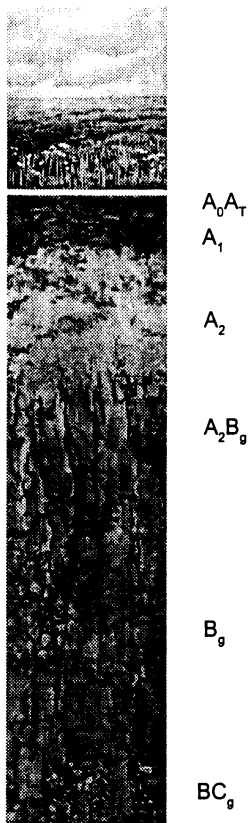
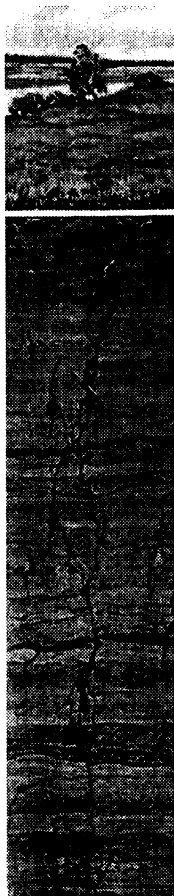


Рис. 5.28. Солодь луговая торфянисто-глиевая

дерновые кислые, аллювиальные дерновые насыщенные, аллювиальные дерново-опустынивающиеся карбонатные, аллювиальные луговые кислые, аллювиальные луговые насыщенные и аллювиальные луговые карбонатные.

Группу аллювиальных болотных почв разделяют по степени разложения и аккумуляции органических веществ на три типа: аллювиальные лугово-болотные, аллювиальные болотные иловато-пегнойно-глеевые и аллювиальные болотные иловато-торфяные.



5.25. Тип: аллювиальные дерновые кислые (A_d^{kc}) (рис. 5.29)

Распространены преимущественно в таежно-лесной зоне, обычно в прирусловой части поймы.

A_d — слабоуплотненная землистая дернина, обычно небольшой мощности;

A_1 — гумусовый горизонт, структура непрочная комковатая, мощность от 5 до 40 см;

B — переходный горизонт, слоистый, без признаков иллювиального процесса;

CD — аллювий легкого механического состава.

Содержание гумуса в гумусовом горизонте 1–3%, иногда больше 5%, в составе гумуса преобладают фульвокислоты, в составе поглощенных катионов: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} , pH_{KCl} 4–5.

В типе выделяются четыре подтипа:

- аллювиальные дерновые кислые слоистые примитивные;
- аллювиальные дерновые кислые слоистые;
- собственно аллювиальные дерновые кислые;
- аллювиальные дерновые кислые оподзоленные, и два рода: обычные и галеч-

Рис. 5.29. Аллювиальная дерновая кислая почва

никовые. На виды разделяются: по мощности гумусового горизонта — **маломощные укороченные** (< 20 см) и **маломощные** (от 20 до 40 см); по содержанию гумуса — **малогумусные** (до 3%), **среднегумусные** (3–5%) и **многогумусные** (> 5%).

5.26. Тип: аллювиальные дерновые насыщенные почвы (A_d^n)

Распространены в лесостепной и степной зонах в прирусловой части поймы. Строение профиля аналогично строению профиля аллювиальных дерновых кислых почв, главные их отличия: *полная насыщенность основаниями (> 90% от ЕКО), менее кислая реакция ($pH_{H_2O} > 6$), количество гумуса в горизонте A_1 от 1,5 до 10%, в составе гумуса ГК значительно преобладают над ФК.* В типе выделяются **четыре подтипа:**

- **аллювиальные дерновые насыщенные слоистые примитивные;**
- **аллювиальные дерновые насыщенные слоистые;**
- **собственно аллювиальные дерновые насыщенные;**
- **аллювиальные дерновые насыщенные остепняющиеся, а также пять родов: обычные, солонцеватые, засоленные, слитые, галечниковые.** На виды подразделяют: по мощности гумусового горизонта — **сверхмощные** (> 120 см); **мощные** (от 80 до 120 см), **среднемощные** (от 40 до 80 см); **маломощные** (от 20 до 40 см) и **маломощные укороченные** (< 20 см); по содержанию гумуса — **микрогумусные** (< 2%), **слабогумусные** (от 2 до 4%); **малогумусные** (от 4 до 7%); **среднегумусные** (от 7 до 9%) и **высокогумусные** (> 9%).

5.27. Тип: аллювиальные дерново–опустынивающиеся карбонатные почвы ($A_{до}^k$)

Образуются на повышенных элементах рельефа пойм в полупустынной и пустынной зонах. Почвенный профиль карбонатный, реакция щелочная, признаки оглеения отсутствуют, *содержание гумуса обычно менее 2%*, соли могут обнаруживаться в любой части профиля. Выделяют **три подтипа: аллювиальные дерново–опустынивающиеся карбонатные слоистые примитивные; аллювиальные дерново–опустынивающиеся карбонатные слоистые; собственно аллювиальные**

дерново–опустынивающиеся карбонатные; разделение на **роды** аналогично аллювиальным дерновым насыщенным почвам; разделение на **виды** проводят по верхней границе залегания солевых выделений, по степени засоления и солонцеватости.

5.28. Тип: аллювиальные луговые кислые почвы (A_n^{kc})

Формируются в таежно–лесной зоне в центральной пойме в условиях отложения богатого глинистого и суглинистого аллювия. Верхняя граница капиллярной каймы постоянно или периодически находится в пределах почвенного профиля.

A_d — плотная дернина мощностью 3–5 см;

A_1 — гумусовый горизонт тяжелого механического состава, темно–серого или буровато–серого цвета, структура зернистая, ржаво–бурые пятна и прожилки, мощность 30–50 см; B_1 — переходный горизонт с пятнами оглеения и ожелезнения; B_g — глееватый горизонт голубовато–сизоватых тонов, различной степени оглеения и ожелезнения, бесструктурный, иногда слоистый; CD_g — слоистый аллювий, обычно оглеен.

Содержание гумуса в горизонте A_1 колеблется от 4 до 12%, в составе гумуса преобладают фульвокислоты. В составе ППК — поглощенные Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} , ЕКО — 20–30 мг–экв/100 г. Реакция кислая и слабокислая (pH_{KCl} 4–5).

Деление на подтипы, **роды и виды** аналогично делению аллювиальных дерновых кислых почв (исключения: не выделяется **подтип оподзоленные** и **род галечниковые**; дополнительно выделяется **род — ожелезненные**).

5.29. Тип: аллювиальные луговые насыщенные почвы (A_n^h) (рис. 5.30)

Формируются преимущественно в лесостепной и степной зонах; в таежно–лесной зоне — в районах с широким распространением карбонатных пород. Строение профиля аллювиальных луговых насыщенных почв близко к строению аллювиальных луговых кислых почв. Отличия заключаются в более темной окраске профиля и в мощности горизонта A_1 — 100 см и более, *содержание гумуса 4–10%, в составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, реакция слабокислая или нейтральная ($pH_{H_2O} > 6$), почвы насыщены основаниями.*

Разделение на подтипы, роды и виды, как и аллювиальных дерновых насыщенных почв (исключения: не выделяется подтип остепняющиеся и выделяется подтип — темноцветные, формирующиеся в понижениях и имеющие признаки оглеения по всему профилю).

5.30. Тип: аллювиальные луговые карбонатные почвы (A_n^k)

Формируются в центральной пойме рек полупустынной и пустынной зоны. Почвенный профиль слабо дифференцирован и неоднороден по гранулометрическому составу. В профиле различают гумусовый горизонт серого или светло-серого цвета, в той или иной степени задернованный, мощностью до 20 см, с содержанием гумуса 1–2% и слабо затронутую почвообразованием подгумусовую часть с различной степенью оглеения. Карбонаты распространены по всему профилю.

Выделяются подтипы: аллювиальные луговые карбонатные слоистые; аллювиальные луговые карбонатные тугайные (развиваются под древесно-кустарниковой “тугайной” растительностью); собственно аллювиальные луговые карбонатные. Разделение на роды и виды такое, как у аллювиальных дерновых карбонатных почв.



A_d

A

B_1

B_g

CD_g

Рис. 5.30. Аллювиальная луговая почва

5.31. Тип: аллювиальные лугово-болотные почвы ($A_{nб}$)

Формируются в притеррасной пойме при длительном поверхностном и грунтовом увлажнении (продолжительность затопления ежегодно более 30 дней). Грунтовые воды не опускаются ниже одного метра. Почвы являются переходными между аллювиальными луговыми и аллювиально-болотными почвами.

В профиле аллювиальных лугово–болотных почв выделяются: одернованный гумусовый оглеенный горизонт, переходный гумусовый оглеенный горизонт и лежащие под ними минеральные глеевые горизонты.

Выделяются два подтипа: собственно аллювиальные лугово–болотные почвы (верхний горизонт имеет дерновый характер, *потеря при прокаливании менее 40%*); аллювиальные лугово–болотные оторфованные (верхний горизонт — дерново–торфянистый, *потеря при прокаливании более 40%*). Выделяют роды: обычные, карбонатные, омергелеванные, засоленные, солонцеватые, осолоделые. Разделение на виды: по степени разложенности органического горизонта — торфяные (< 25%); перегнойно–торфяные (25–45%) и перегнойные (> 45%); по глубине залегания солей и по степени засоления.

5.32. Аллювиальные болотные почвы (A₆)

Формируются в притеррасной пойме при постоянном переувлажнении. Выделяются два типа: аллювиальные болотные иловато–перегнойно–глеевые почвы и аллювиальные болотные иловато–торфяные почвы. Почвы всегда сильно заилены, имеют типичный для болотных почв профиль: A₀T — (T) — G. Почвы этих типов относятся к низинным эутотрофным почвам. Они имеют *повышенную зольность, реакцию среды близкую к нейтральной, повышенное содержание оснований и элементов питания растений.*

5.33. Задание 7. Систематика и диагностика основных типов почв

В представленных ниже таблицах 5.3–5.32 даны результаты анализов различных типов почв, характерных для Европейской части России (в необходимых случаях представлены также некоторые морфологические признаки почв). На основе этих данных студенты должны:

1. Определить название и индексы генетических горизонтов.
2. Диагностировать почву (дать по возможности ее наиболее полное классификационное название).
3. Определить зону (подзону) формирования почв.
4. Дать краткую характеристику условий почвообразования.

5. Назвать процессы почвообразования и охарактеризовать сущность этих процессов.
6. Перечислить свойства, лимитирующие урожай культур.
7. Перечислить мероприятия по оптимизации свойств.
8. Привести примеры почвенных комбинаций, в составе которых может встречаться данная почва.

В таблицах в графе «Границы горизонтов, см» очень часто объединены подгоризонты с примерно одинаковыми свойствами, мощность которых превышает 30 см. Как правило, это подгоризонты B_1 , B_2 или BC , C .

При выполнении задания следует учитывать, что таблицы данных анализов почв сгруппированы по зонам: таежно-лесная, лесостепная, степная и сухостепная. Внутри каждой зоны географическая последовательность смены типов и подтипов почв не соблюдается.

5.3. Данные анализов почвы разреза № 1

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
			мг-экв на 100 г								
0-6	84,2*	-	-	-	-	4,6	-	-	-	-	-
6-9	14,3*	-	-	-	-	4,4	-	-	-	-	-
9-11	1,8	0,4	11,8	5,3	69,0	4,3	73,2	11,4	6,2	37,8	8,3
11-28	0,3	0,3	5,1	3,5	59,3	4,0	73,7	11,2	6,1	37,2	8,0
28-48	0,2	не опр.	5,8	4,1	58,6	4,2	72,9	12,8	6,3	39,8	9,2
48-77	0,2	не опр.	7,7	3,6	68,1	4,4	64,3	17,2	8,7	44,2	17,1
77-112	0,2	не опр.	7,8	3,4	69,6	4,6	66,1	16,3	7,9	43,3	16,4
112-140**	0,1	не опр.	8,4	3,8	68,8	4,6	66,4	16,1	7,8	43,1	16,2

* - потеря от прокаливания

** - неоднородная по гранулометрическому составу порода красно-бурого цвета с включениями камней разного размера

5.4. Данные анализов почвы разреза № 2

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{жк}}{C_{фкс}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
		мг-экв на 100 г									
0-7	87,0*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7-16**	2,8	0,3	4,4	5,7	43,6	4,0	76,6	12,6	4,8	38	21
16-34**	0,8	0,2	3,1	3,4	47,7	3,7	76,0	13,1	4,9	39	20
34-62	0,3	не опр.	не опр.	не опр.	-	4,2	73,4	14,7	5,2	46	32
62-96	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	-	4,1	71,8	16,4	5,5	49	34
96-127***	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	-	4,2	71,6	16,3	5,6	49	34

* - потеря от прокаливания

** - сизоватая окраска всего горизонта или отдельных пятен, наличие микроорштейнов и железо-марганцевых стяжений

*** - неоднородная по гранулометрическому составу порода красно-бурого цвета с включениями камней разного размера

5.5. Данные анализов почвы разреза № 3

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$					мг-экв на 100 г	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм
0-4	67,3*	-	-	-	-	5,3	-	-	-	-	-
4-18	3,4	0,5	12,1	5,4	68,8	4,7	78,3	9,4	5,3	36,4	10,8
18-25	1,3	0,5	10,3	4,7	68,6	4,3	79,6	9,0	5,1	35,7	10,3
25-46	0,3	0,4	7,6	3,8	66,7	4,0	80,4	8,6	4,9	35,2	9,9
46-57	0,2	не опр.	11,3	4,8	70,1	4,3	75,2	12,3	6,9	42,3	13,1
57-127	0,2	не опр.	12,2	4,4	73,5	4,4	73,8	13,7	7,2	43,6	14,2
127-144	0,1	не опр.	12,0	4,3	73,6	4,4	73,9	13,8	7,4	42,7	14,3
144-163**	0,1	не опр.	12,1	3,6	77,0	4,3	74,3	13,5	7,2	43,2	14,3

* - потеря от прокаливания

** - неоднородная по гранулометрическому составу порода красно-бурого цвета с включениями камней разного размера

5.6. Данные анализов почвы разреза № 4

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
	мг-экв на 100 г										
0-21	2,2	0,5	9,2	6,4	59,0	4,6	74,1	11,7	5,5	31,2	10,4
21-37	0,3	0,4	6,6	4,6	58,9	4,2	76,2	10,3	5,0	30,4	10,1
37-64	0,2	0,4	7,7	4,9	61,1	4,3	75,2	10,8	5,4	30,8	10,3
64-129	0,2	не опр.	8,4	4,3	66,1	4,4	69,7	14,5	7,3	37,5	16,4
129-156	0,1	не опр.	8,3	4,1	66,9	4,4	71,2	13,1	5,8	36,2	15,8
156-163*	0,1	не опр.	8,0	3,4	70,2	4,3	71,8	13,4	5,9	36,4	15,7

* - порода желто-бурого цвета, хорошо отсортирована, не содержит камней, в ее составе преобладает фракция крупной пыли и ила

5.7. Данные анализов почвы разреза № 5

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ж}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
		мг-экв на 100 г									
0-24	2,8	0,7	11,4	2,7	80,9	5,2	73,2	11,4	5,3	32,4	10,8
24-41	0,7	0,5	7,9	2,1	79,0	4,8	75,7	10,0	4,8	31,1	10,5
41-67	0,3	0,4	8,3	2,4	77,6	4,9	75,1	10,7	5,0	31,4	10,7
67-123	0,2	не опр.	8,2	2,6	75,9	4,6	69,7	14,6	7,4	37,8	16,4
123-148	0,2	не опр.	8,3	2,9	74,8	4,5	71,3	13,4	5,9	36,4	15,2
148-162*	0,1	не опр.	8,0	2,8	74,1	4,5	72,0	13,5	5,7	36,5	15,1

* - порода желто-бурого цвета, хорошо отсортирована, не содержит камней

5.8. Данные анализов почвы разреза № 6

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
		мг-экв на 100 г									
0-11	84,2*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-34	49,4*	-	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-
34-46**	0,5	0,3	3,8	4,1	48,1	3,6	81,4	10,3	4,1	35,2	12,3
46-61**	0,3	0,4	4,3	3,9	52,4	3,7	78,3	12,4	7,2	40,3	16,4
61-108**	0,3	не опр.	7,4	3,6	67,3	3,8	75,2	14,9	8,3	42,5	17,9
108-137***	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	3,9	75,6	14,6	8,1	42,3	17,8

* - потеря от прокаливания

** - много ржавых примазок и мелких ортштейнов, сизоватые пятна

** - исотсортированная порода красно-бурого цвета с включениями камней разного размера

5.9. Данные анализов почвы разреза № 7

Границы горизонтов, см	Емкость катионного обмена, мг-экв на 100 г	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Зольность	Общий азот	Полная влагоемкость, %	Степень разложения, %	Плотность почвы, г/см ³
				%, на сухую навеску				
0-8	149	96,2	6,0	20,0	3,4	739	46	0,22
8-24	168	94,7	6,0	22,1	3,2	580	41	0,26
24-53	176	94,9	5,9	21,4	3,1	519	38	0,28
53-89	182	96,2	6,0	22,3	2,8	475	34	0,30
89-106	174	89,2	5,8	24,3	2,4	470	35	0,29

5.10. Данные анализов почвы разреза № 8

Границы горизонтов, см	Емкость катионного обмена, мг-экв на 100 г	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Зольность	Общий азот	Полная влагоемкость, %	Степень разложения, %	Плотность почвы, г/см ³
				%, на сухую навеску				
0-4	-	-	3,1	3,4	-	-	-	-
4-27	84	20,3	3,2	3,62	1,23	1670	24	0,06
27-52	73	14,6	3,2	3,74	1,09	1537	19	0,07
52-93	74	14,8	3,4	3,87	0,94	1484	14	0,06

5.11. Данные анализов почвы разреза № 9

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований мг-экв на 100 г	pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{ок}}{C_{фк}}$			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-5	12,2	1,2	32,3	6,9	68,4	10,2	4,1	44,2	16,3	1,8
5-18	8,4	1,2	28,3	6,9	68,1	10,2	4,2	44,3	16,4	2,1
18-54*	0,8	0,8	не опр.	7,1	59,3	8,1	3,2	43,7	16,2	11,8
54-102*	0,2	не опр.	не опр.	7,3	57,4	7,8	3,0	40,8	13,4	14,5

* - большое количество щебня белого цвета

5.12. Данные анализов почвы разреза № 10

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
		мг-экв на 100 г									
0-1	28,1*	-	-	-	-	4,4	-	-	-	-	-
1-3	1,1	0,4	1,3	4,3	23,2	4,1	91,8	0,7	2,1	7,0	3,4
3-5	0,8	0,4	1,0	3,9	20,4	3,9	92,4	0,6	1,9	6,7	3,3
5-19	0,3	0,3	0,8	3,4	19,4	3,7	92,8	0,5	1,8	6,6	3,1
19-28	0,3	0,3	1,2	2,6	31,5	4,0	92,3	0,7	2,1	6,9	3,3
28-57	-	-	1,4	1,6	46,7	4,3	90,8	0,8	2,3	7,2	3,7
57-121**	-	-	1,1	0,9	55,0	4,4	91,2	0,8	2,2	7,1	3,5

* - потеря от прокаливания

** - порода (слоистые песчаные отложения с включениями гравия, гальки)

5.13. Данные анализов почвы разреза № 11

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
		мг-экв на 100 г									
0-7	8,6	1,1	36,4	2,9	92,6	5,9	72,4	13,6	5,7	47,9	18,4
7-31*	6,4	1,1	28,2	1,8	94,0	5,9	71,7	13,4	5,6	47,4	18,5
31-49**	0,8	0,6	18,1	0,6	96,8	5,8	72,6	13,2	5,4	46,8	18,2
49-83**	0,3	0,3	14,9	0,3	98,0	5,9	72,4	13,4	5,3	47,8	18,6
83-109***	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	-	5,9	71,9	13,5	5,4	47,2	18,4

* - серо-стальной оттенок, присутствуют дробовины

** - сизые прожилки, ржавые примазки

*** - горизонт сизого цвета, ржавые примазки, с однородным гранулометрическим составом

5.14. Данные анализов почвы подзоны южной тайги разреза № 12

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$					мг-экв на 100 г	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм
0-8	12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-41	7,8	0,8	16,2	4,1	79,8	5,8	78,4	12,1	3,7	34,2	17,2
41-64	2,1	0,6	12,1	3,8	76,1	5,7	78,9	12,4	3,8	34,1	17,6
64-87*	0,8	0,5	9,2	3,4	73,0	5,6	78,1	12,2	3,6	33,8	17,0
87-124*	0,3	0,4	не опр.	не опр.	не опр.	5,7	79,0	12,1	3,4	34,2	17,4
124-148**	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	5,5	78,4	12,7	3,5	35,2	17,8

* - сизыс и ржавые пятна

** - порода имеет горизонтальную слоистость, включения органических остатков

5.15. Данные анализов почвы подзоны южной тайги разреза № 13

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{жк}}{C_{фк}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
			мг-экв на 100 г								
0-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-16*	2,8	0,7	10,1	3,7	73,2	5,2	92,3	3,4	1,0	14,2	7,3
16-38*	1,1	0,6	9,4	3,5	72,9	5,4	92,0	3,5	1,1	15,7	8,0
38-65*	0,4	0,4	5,8	2,3	71,6	5,3	88,4	5,2	1,8	14,4	7,3
65-93*	0,2	0,3	не опр.	не опр.	не опр.	5,4	94,2	3,0	0,8	9,8	4,2
93-129**	0,2	0,3	не опр.	не опр.	не опр.	5,3	94,3	2,9	0,8	9,3	4,1

* - по всему профилю хорошо выражена слоистость

** - порода имеет крупнозернистый состав, горизонтальную и косую слоистость

5.16. Данные анализов почвы разреза № 14

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			Степень насыщенности основаниями, %	pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{ox}}{C_{фк}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-25	5,8	1,8	34,4	7,3	6,2	87,1	6,3	77,8	10,8	2,7	37,8	7,4	нет
25-38	5,6	1,8	28,1	5,2	5,0	86,9	6,2	77,2	11,5	3,4	38,7	8,5	нет
38-64	4,9	1,4	25,4	4,9	3,2	90,4	6,4	74,6	12,7	3,7	39,4	8,7	нет
64-83	1,7	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	6,4	не опр.	не опр.	не опр.	39,7	8,6	нет
83-122	0,7	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	6,6	не опр.	не опр.	не опр.	39,6	8,7	нет
122-153*	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	6,6	не опр.	не опр.	не опр.	39,6	8,7	нет

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая

5.17. Данные анализов почвы разреза № 15

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			Степень насыщенности основаниями, %	pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{фк}}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-26	6,9	1,8	37,2	5,4	1,7	96,2	6,6	67,1	11,3	5,3	53,4	32,6	нет
26-41	6,4	1,8	29,4	6,1	2,4	93,7	6,5	66,9	10,7	5,9	53,2	32,5	нет
41-94	5,1	1,5	25,3	5,2	2,9	91,3	6,5	67,4	11,8	5,7	52,8	31,8	нет
94-112	1,7	1,2	16,4	5,4	1,2	94,8	6,7	67,3	11,9	6,2	49,4	31,6	нет
112-134	0,9	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,0	65,8	12,1	6,4	49,2	30,6	2,3
134-156	0,64	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,6	65,9	12,1	6,6	48,8	30,3	3,1
156-173*	0,31	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,8	65,6	12,0	6,7	48,7	30,1	5,4

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая

5.18. Данные анализов почвы разреза № 16

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			Степень насыщенности основаниями, %	pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{*}}{C_{\text{фк}}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-26	8,9	2,3	38,2	8,3	2,3	95,3	6,7	69,4	12,7	5,3	53,1	34,3	нет
26-57	7,4	2,1	36,7	6,8	2,2	95,2	6,7	69,6	12,7	5,4	52,8	33,8	нет
57-98	6,3	2,0	32,1	5,4	2,0	94,9	6,9	69,6	12,6	5,3	52,8	34,0	нет
98-118	2,7	1,7	28,4	3,8	1,5	95,5	7,3	68,8	12,3	5,0	52,6	33,5	0,8
118-144*	1,6	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,7	66,9	12,0	4,7	50,4	31,6	4,8
144-168*	1,0	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,7	67,6	12,0	4,8	50,6	31,6	3,6
168-184**	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,9	67,3	12,2	4,7	50,7	30,9	3,6

* - отмечаются ржаво-охристые жилки, оливково-серые примазки, с глубиной их количество и выраженность усиливаются

** - порода буровато-палевого цвета, с сизыми пятнами, в сухом состоянии рыхлая, пористая, мучнистая

5.19. Данные анализов почвы разреза № 17

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г		Степень насыщенности основаниями, %	pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{\text{к}}}{C_{\text{вк}}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-27	7,8	2,3	36,3	7,8	98,6	6,9	78,4	10,7	4,4	52,3	31,4	нет
27-48	6,8	2,1	35,4	5,6	96,7	6,8	78,1	11,6	4,2	52,1	31,3	нет
48-89	5,3	1,7	30,2	5,7	93,7	7,3	78,3	11,4	4,2	52,4	30,9	0,2
89-103	2,4	не опр.	24,3	3,8	94,9	7,8	78,6	11,1	4,3	49,7	30,8	3,4
103-127	1,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,8	78,2	11,6	4,6	49,4	30,6	5,2
127-151	0,8	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,9	77,8	11,9	4,7	49,2	30,4	5,8
151-176*	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	8,0	77,3	12,6	5,0	49,1	29,8	3,8

* - порода палевого цвета, рыхлая, пористая, мучнистая, имеет вертикальную трещиноватость

5.20. Данные анализов почвы разреза № 18

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{ок}}{C_{фк}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
	мг-экв на 100 г										
0-27	3,9	1,6	32,4	4,4	88,0	5,3	77,9	13,1	5,8	37,3	13,1
27-38	2,1	1,2	21,1	4,3	83,1	5,1	78,0	13,4	5,3	37,0	12,8
38-64	1,4	1,1	23,2	4,4	84,1	5,2	77,1	13,6	5,8	37,4	12,9
64-91	0,7	не опр.	не опр.	не опр.	-	5,2	74,8	14,9	6,4	40,7	15,7
91-127	0,4	не опр.	не опр.	не опр.	-	6,3	74,6	15,0	6,4	40,3	15,4
127-151*	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	-	7,1	74,9	14,8	6,5	40,4	15,9

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая, вскипание от карбонатов с глубины 139 см

5.21. Данные анализов почвы разреза № 19

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
	мг-экв на 100 г										
0-26	3,4	1,4	27,5	4,6	85,7	5,2	76,3	12,3	5,9	43,4	14,7
26-31	1,2	1,1	17,2	4,5	79,3	4,8	76,8	12,0	5,7	41,8	14,3
31-47	0,7	0,8	18,1	4,3	80,8	4,9	75,9	12,4	6,0	42,4	14,4
47-88	0,3	не опр.	не опр.	не опр.	-	4,9	71,7	15,5	6,9	45,2	17,3
88-119	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	-	5,1	71,8	15,2	6,8	48,0	19,1
119-154*	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	-	5,8	71,9	15,4	6,7	48,1	19,1

* - порода желто-бурого цвета, хорошо отсортирована, не содержит камней

5.22. Данные анализов почвы разреза № 20

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{zk}}{C_{фк}}$					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
		мг-экв на 100 г									
0-3	57,4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-15	3,8	0,9	19,4	5,0	79,5	4,4	77,2	11,4	4,9	39,2	13,7
15-23	1,5	0,7	9,8	3,6	73,1	4,1	78,1	11,1	4,8	37,8	11,6
23-37	0,7	0,6	10,3	3,7	73,6	4,2	77,9	11,5	4,9	38,0	12,7
37-69	0,3	0,9	не опр.	не опр.	-	4,3	70,4	16,2	6,4	40,3	15,1
69-96	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	-	5,3	71,9	16,0	6,3	42,4	17,0
96-149*	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	-	6,2	71,8	16,1	6,3	43,1	17,4

* - порода желто-бурого цвета, хорошо отсортирована, не содержит камней

5.23. Данные анализов почвы разреза № 21

Границы горизонтов, см	Гумус,		Сумма поглощенных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	pH_{KCl}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_{zk}}{C_{фк}}$					мг-экв на 100 г	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм
0-22	1,9	0,8	19,3	2,2	89,8	4,5	78,3	10,8	5,4	40,4	12,8
22-27	0,9	0,7	17,4	2,0	89,6	4,2	78,9	10,6	5,2	38,7	12,0
27-41	0,6	0,5	15,3	2,1	87,9	4,3	78,0	10,6	5,2	39,2	12,3
41-73	0,3	не опр.	не опр.	не опр.	-	4,4	71,3	15,6	6,1	41,8	13,7
73-92	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	-	4,3	71,8	15,3	5,9	42,4	13,9
92-146*	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	-	5,4	71,9	15,3	6,0	42,6	14,0

* - порода желто-бурого цвета, хорошо отсортирована, не содержит камней

5.24. Данные анализов почв разреза № 22

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г				pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %	
	%	$\frac{C_x}{C_{\phi}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм
0-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-17	3,2	1,1	14,2	6,7	2,9	нет	5,6	75,6	10,1	4,2	37,2	12,4
17-32	0,6	0,7	9,4	3,7	2,3	нет	5,7	78,3	8,2	3,9	35,4	10,8
32-43	0,4	0,6	18,9	7,3	нет	нет	6,8	76,3	12,4	4,3	40,3	15,7
43-88*	0,3	-	22,3	8,1	нет	3,8	7,7	68,2	15,3	6,9	47,4	21,3
88-138*	0,3	-	16,2	5,3	нет	3,3	8,1	69,6	14,8	6,7	46,5	20,2

* - сизыс прожилки, ржавые примазки

5.25. Данные анализов почвы разреза № 23

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH_{H_2O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{ок}}{C_{фк}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-25	6,6	2,1	30,1	6,8	0,8	7,1	63,9	12,6	4,1	54,1	37,2	нет
25-51	6,3	1,9	28,4	7,0	1,1	7,2	64,1	12,4	3,9	52,4	36,8	нет
51-72	4,6	1,8	27,8	7,2	0,9	7,2	60,2	12,3	3,6	50,8	36,6	1,9
72-97	1,5	не опр.	22,1	7,5	0,8	7,5	60,1	12,1	3,4	48,2	35,1	5,1
97-119	0,6	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,6	58,2	11,3	3,3	49,4	35,6	6,4
119-161*	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,6	57,6	11,4	3,4	49,2	36,4	5,6

* - порода палевого цвета, рыхлая, пористая, мучнистая, имеет вертикальную трещиноватость

5.26. Данные анализов почвы разреза № 24

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-26	5,4	1,8	28,9	7,8	1,8	7,2	65,8	13,4	4,1	60,8	36,7	нет
26-34	5,2	1,5	27,4	6,3	1,9	7,1	65,8	13,0	3,9	57,6	35,6	нет
34-51	2,4	1,2	23,1	5,4	0,8	7,2	61,4	13,4	4,3	51,4	35,5	2,5
51-87	0,84	не опр.	20,4	5,1	0,8	7,5	57,8	12,1	3,8	48,4	34,4	6,7
87-126	0,34	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,5	57,4	11,8	3,7	47,7	32,4	5,4
126-156*	0,29	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,6	57,2	11,7	3,7	47,6	32,5	5,4

* - порода палевого цвета, рыхлая, пористая, мучнистая

5.27. Данные анализов почвы разреза № 25

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{\text{х}}}{C_{\text{фак}}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-21	2,2	0,9	12,2	5,4	0,6	7,5	69,4	12,0	2,8	55,7	27,2	нет
21-29	1,9	0,9	11,3	5,0	1,3	7,6	68,0	12,9	3,5	59,4	31,6	0,8
29-46	1,1	0,8	10,3	3,8	1,6	7,8	66,6	12,3	3,2	58,2	30,4	3,9
46-69	0,6	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	8,0	64,7	11,6	3,1	58,0	30,1	6,7
69-123	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	8,0	66,1	12,1	3,4	58,2	30,1	5,8
123-148*	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	8,0	65,9	12,4	3,3	58,4	30,2	5,9

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая, содержит гипс и водорастворимые соли

5.28. Данные анализов почвы разреза № 26

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_x}{C_{*}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-20	2,8	0,9	13,4	6,2	1,4	7,3	68,2	11,4	3,8	54,2	29,2	нет
20-36	2,4	0,9	11,3	5,8	2,2	7,5	64,5	13,6	4,9	59,4	33,7	0,8
36-57	1,1	0,8	10,4	4,3	1,9	7,7	66,7	12,9	4,5	55,6	29,7	3,6
57-84	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,7	67,4	11,9	4,3	56,2	30,1	6,0
84-134	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,9	67,6	11,9	4,2	56,4	30,5	4,8
134-152*	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,9	67,2	11,2	4,3	56,6	30,4	4,8

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая, содержит гипс и водорастворимые соли

5.29. Данные анализов почвы разреза № 27

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_{\text{ок}}}{C_{\text{фк}}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-24	4,1	1,5	26,1	7,1	0,8	7,3	71,4	12,4	3,4	61,4	31,3	нет
24-43	3,2	1,3	24,4	6,2	0,9	7,2	69,7	13,8	3,7	62,4	34,2	0,4
43-57	1,7	1,1	20,1	4,3	0,6	7,4	69,0	13,1	3,3	61,3	34,3	3,8
57-74	0,5	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,9	65,4	12,6	3,1	64,2	37,0	5,8
74-131	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,8	66,3	12,4	3,1	63,1	36,2	4,1
131-164*	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,8	66,2	12,3	3,0	62,4	36,8	4,2

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая, содержит гипс и водорастворимые соли

5.30. Данные анализов почвы разреза № 28

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %
	%	$\frac{C_x}{C_{фк}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм	
0-22	3,1	1,2	20,8	6,4	0,5	7,4	68,3	12,7	3,6	48,4	26,3	нет
22-38	2,7	1,1	19,7	6,5	0,7	7,2	68,0	12,8	3,7	49,6	27,5	0,6
38-63	1,4	0,9	17,1	4,2	,4	7,6	66,7	12,4	3,3	49,4	27,7	3,7
63-84	0,4	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	8,0	64,2	11,8	3,0	47,8	26,9	6,1
84-131	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,8	65,8	12,0	3,2	47,6	26,7	4,4
131-152*	0,2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	7,9	65,7	12,1	3,3	47,5	26,8	4,3

* - порода буровато-палевого цвета, рыхлая, пористая, содержит гипс и водорастворимые соли

5.31. Данные анализов почвы разреза № 29

Границы горизонтов, см	Гумус,		Обменные катионы, мг-экв на 100 г			pH _{H₂O}	Валовой состав, % на прокаленную навеску			Содержание фракций, %		CO ₂ карбонатов, %	SO ₄ гипса, %	Сухой остаток водной вытяжки, %
	%	$\frac{C_{\text{ox}}}{C_{\text{ox}^*}}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	< 0,01 мм	< 0,001 мм			
0-8	3,4	0,9	18,4	8,4	1,6	8,9	72,3	15,0	4,5	28,7	73,8	0,1	нет	нет
8-21	1,2	0,4	18,8	8,6	5,1	9,2	64,4	20,1	5,6	48,8	34,6	0,3	нет	нет
21-32	1,1	0,4	19,2	8,8	5,9	9,3	65,8	16,9	6,1	51,3	33,7	2,1	0,5	нет
32-69	0,4	0,3	16,3	6,4	5,1	9,3	65,1	16,6	5,8	48,9	34,6	5,7	2,4	0,3
69-110	0,1	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	9,4	65,4	16,8	6,0	48,7	34,4	4,8	3,3	1,4

5.32. Данные анализов почвы разреза № 30

Границы горизонтов, см	Гумус, %	$\frac{C_{\text{ox}}}{C_{\text{ox}^*}}$	Сухой остаток, %	Состав водной вытяжки, мг-экв на 100 г					
				HCO ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
0-27	1,6	0,6	3,06	0,44	8,70	36,42	12,31	3,72	29,53
27-59	0,9	0,4	2,89	0,23	18,41	27,22	14,37	6,03	25,46
59-84	0,7	0,4	2,75	0,26	16,34	26,31	14,06	5,72	23,13
84-112	0,4	-	2,78	0,24	16,21	26,83	14,43	4,86	23,99

часть III. МАТЕРИАЛЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

6. Крупномасштабные и детальные почвенные карты

6.1. Картографические основы для составления почвенных карт

Почвенная карта — специальная карта, изображающая почвенный покров определенной территории. Она дает наглядное представление о распространении почв на местности, раскрывает особенности их пространственного залегания.

Почвенные карты группируются по масштабам. Выделяют обзорные почвенные карты (масштаб 1:2 500 000 и мельче); мелкомасштабные (1:1 000 000-1:500 000); среднемасштабные (1:300 000-1:100 000); крупномасштабные (1:50 000-1:10 000) и детальные (1:5 000-1:200). В агрономической практике наибольшее применение нашли крупномасштабные и детальные почвенные карты, которые характеризуют почвы сравнительно небольших территорий: отдельных хозяйств, в том числе фермерских, опытных станций, опытных участков и др. Чем крупнее масштаб почвенной карты, тем детальнее, с наименьшей степенью генерализации отображен на ней почвенный покров.

Картографические основы, применяемые при составлении почвенных карт: топографические карты, материалы аэрофотосъемки, материалы космической съемки, контурные планы землепользования.

Топографические карты (рис. 6.1) имеют точный масштаб, унифицированную систему условных знаков (рис. 6.2), координатную сетку. Рельеф на топографических картах изображается горизонталями, соединяющими одинаковые отметки высот. Основные горизонтالي нанесены сплошной линией, вспомогательные — пунктирной. Контрольные горизонтали имеют отметки высот и наносятся утолщенной сплошной линией. На основании рисунка и взаимного расположения горизонталей на топографической карте

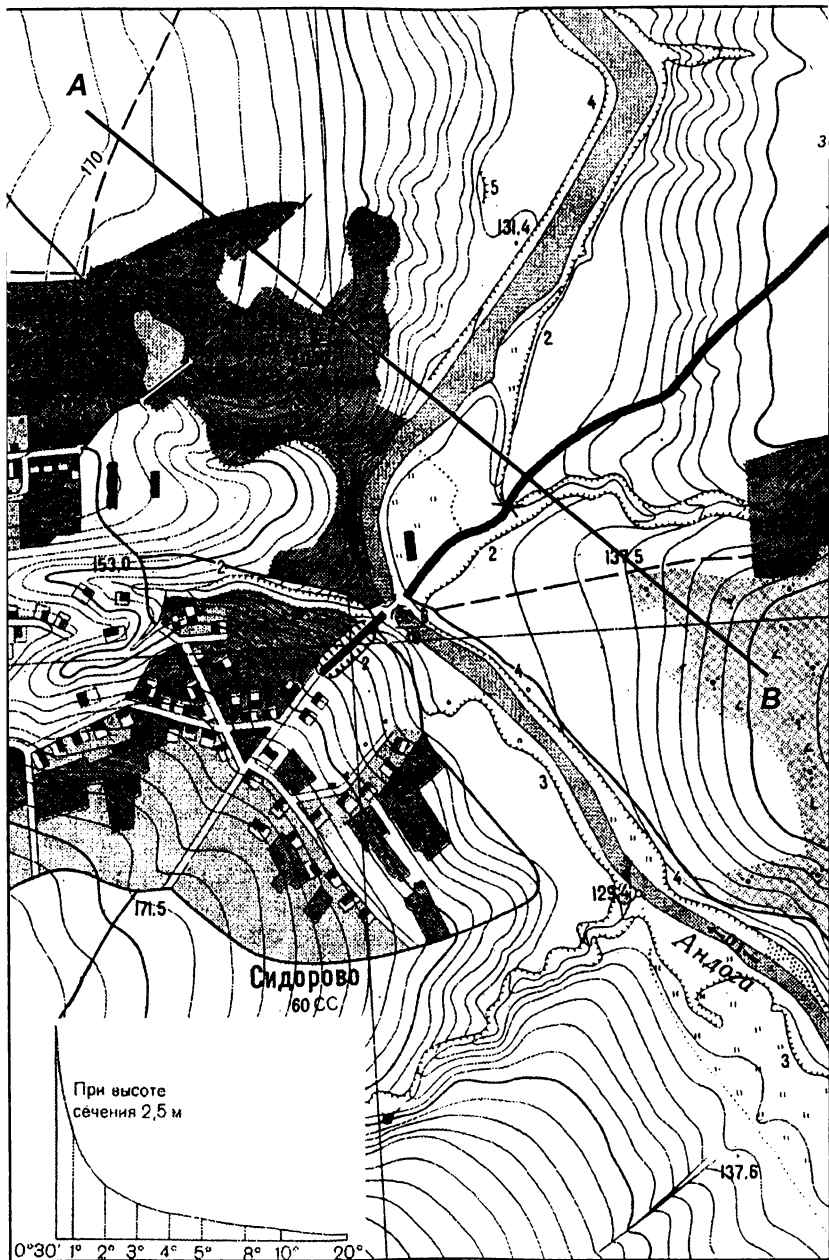

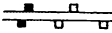


Рис. 6.1. Фрагмент топографической карты (масштаб 1:10 000)



Рис. 6.2. Условные обозначения топографических карт

 212,8 Пункты государственной геодезической сети
 159,7 То же на курганах

НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ И ИХ ПОДПИСИ

 Кварталы городов и поселков городского типа
 Кварталы поселков сельского и дачного типа

Строения жилые и нежилые, расположенные вне кварталов

 огнестойкие
 неогнестойкие
 Выдающиеся огнестойкие жилые и нежилые здания

СНОВ
НОВЫЙ

Города с населением от 2000 до 10000 жителей









Поселки городского типа с населением менее 2000 жителей

Сидорово
60 СС

Поселки сельского и дачного типа с числом домов от 20 до 100 (60 — число домов)

Свх.Беличи менее 20

ОТДЕЛЬНЫЕ МЕСТНЫЕ ПРЕДМЕТЫ

 *сах* Заводы, фабрики и мельницы:
 *мук* а) с трубами, б) без труб
 Шахты и штольни действующие
 Места открытых разработок (карьеры), кам — материал добычи, 3 — глубина карьера в м
 Торфоразработки
 Склады горючего
 Капитальные сооружений башенного типа
 Церква

 Водяные мельницы
 Ветряные мельницы деревянные
 Пасеки
 Метеорологические станции
 Памятники, монументы
 Кладбища

 Радиомачты и телевизионные мачты
 Телеграфные конторы
 Воздушные линии связи (телефонные, телеграфные, радиостанции)
 Линия электропередачи на деревянных опорах

ДОРОЖНАЯ СЕТЬ






 Двухпутные железные дороги
 Станции
 Однопутные железные дороги
 Трубы

 Семафоры и светофоры
 а) Насыпи; б) Выемки (4 — высота или глубина в м)
 Узкоколейные железные дороги
 Шоссе: 10 — ширина покрытой части, 14 — ширина дороги от канавы до канавы в м; Б — материал покрытия (А — асфальт, Б — булыжник).
 Улучшенные грунтовые дороги (6 — ширина проезжей части в м)
 Грунтовые (проселочные дороги)
 Полевые и лесные дороги
 Зимние дороги
 Путепроводы над железной дорогой

ГИДРОГРАФИЯ

 Реки и ручьи
 Озера
 Пересыхающие реки
 Отметки урезов воды
 Стрелки, показывающие направление течения рек (0,1 — скорость течения в м/с)
 Характеристика рек: 135 — ширина в м, 4,8 — глубина в м, П — характер грунта дна
 Броды: 0,5 — глубина в м, 17 — длина в м, П — характер грунта дна, 0,1 — скорость течения реки в м/с
 Мосты деревянные: 55 — длина моста, 10 — ширина проезжей части в м, 15 — грузоподъемность в т
 Мосты каменные, бетонные и железобетонные многопролетные
 Мосты металлические
 Подписи названий судоходных рек
 Подписи названий несудоходных рек, ручьев, озер
 Плотины проезжие
 Колодцы: 147,3 — отметка поверхности земли у колодца, 8 — глубина в м
 Колодцы с ветряным двигателем
 Источники (ключи, родники)

РЕЛЬЕФ

 а. Горизонтали основные
 б. Горизонтали основные утолщенные
 в. Горизонтали дополнительные (полугоризонтали)
 г. Указатели направления скатов (бергштрихи)
 д. Подписи горизонталей в метрах

• 212,8 - 149,7

Отметки высот

152,7 / 143,0

Отметки высот у ориентиров

a 2 b

а) Отдельно лежащие камни
(2 – высота камня в м) б) Скопления камней

a b

а) Курганы (3 – высота кургана в м)
б) Ямы естественного происхождения

3

Обрывы (3 – глубина обрыва в м)

3

Овраги и промоины шириной
менее 3 м

3

от 3 до 10 м

3

более 10

3

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ И ГРУНТЫ

20 / 0,20

Хвойные леса

10 / 0,30

Лиственные леса

15 / 0,25

Смешанные леса

20 / 0,20

Характеристики древостоев м: числитель – средняя высота, знаменатель – средняя толщина стволов, справа от дроби – среднее расстояние между деревьями

2

Узкие полосы леса и древесных насаждений
(2 – средняя высота деревьев в м)

a b a

Отдельные рожи: а) хвойные, б) лиственные,
в) смешанные

a b

Отдельно стоящие деревья, имеющие
значение ориентиров: а) хвойные,
б) лиственные

сосна 2

Молодые посадки леса (2 – средняя
высота деревьев в м)

a b

а) Буреломы
б) Редкие леса (редколесье)

a b

а) Вырубленные участки леса
б) Горелье и сухостойные участки леса

5

Просеки в лесу шириной: а) менее 5 м,
б) от 5 до 10 м (5 – ширина просеки в м)

a b

Кустарники: а) отдельные кусты и группы
кустов, б) сплошные заросли

a b

а) Луговая травянистая растительность
б) Камышовые и тростниковые заросли

Фруктовые сады

a b

а) Пашни
б) Огороды

Пески ровные

0,7

Болота непроходимые и труднопроходи-
мые (0,7 – глубина болота в м)

Болота проходимые

Заболоченные земли

Ограды железобетонные

можно определить основные формы рельефа. Разность в отметках высот между двумя соседними горизонталями называется высотой сечения рельефа. Обычно на топографических картах имеется шкала заложений, которая служит для определения крутизны склона. Крутизной склона (КС) называется угол его наклона к горизонтальной плоскости. Чем больше этот угол, тем склон круче. Заложением (З) называется расстояние на карте между двумя соседними горизонталями. Чем круче склон, тем меньше заложение. На рис. 6.3 приведен пример определения крутизны склона по шкале заложений. С помощью шкалы заложений можно составить карту углов наклона (рис. 6.4), которую используют для прогноза эрозии почв, а также при составлении карты форм и элементов рельефа. Для этого измерителем на шкале заложений определяем расстояние, соответствующее 1° , и это расстояние на карте отмечаем. Таким же образом отмечаем расстояния, соответствующие крутизне склонов 2° , 3° , 5° и 10° . Затем отрезки с одной и той же градацией уклонов соединяем, получаем карту крутизны склонов (рис. 6.4).

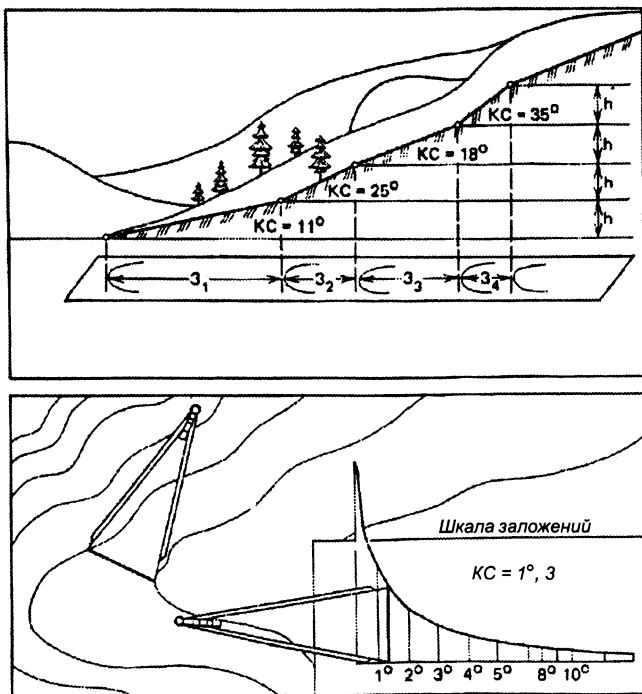
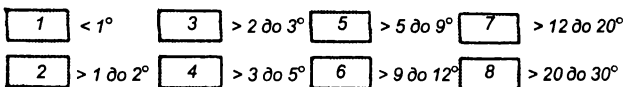


Рис. 6.3. Определение крутизны склона по шкале заложений



Градации крутизны

Рис. 6.4. Карта углов наклона (по М.С. Кузнецову, 1996)

Часто возникает необходимость построения профиля по карте. Профилем называется чертёж, изображающий вертикальный разрез местности.

Профиль строят в следующем порядке.

1. Провести на карте профильную линию АБ; приложить к ней лист разграфленной бумаги и перенести на ее край короткими черточками места пересечения горизонталей с профильной линией (выходы горизонталей).

2. На листе разграфленной бумаги слева у горизонтальных линий подписать высоты, соответствующие высотам горизонталей на карте, приняв условно промежутки между этими линиями за высоту сечения; от всех черточек (выходов горизонталей) опустить перпендикуляры до пересечения их с соответствующими по отметкам параллельными линиями и отметить полученные точки пересечения.

3. Соединить точки пересечения плавной кривой, которая и изобразит профиль местности.

Пример построения профиля по карте представлен на рис. 6.5.

Контурные планы внутрихозяйственного землеустройства служат дополнительной картографической основой при крупномасштабных почвенных обследованиях территории колхозов и совхозов. На них специальными унифицированными знаками изображены: населенные пункты, дорожная и гидрографическая сеть, линии электропередач, границы землепользования, все сельскохозяйственные угодья, в том числе пашня, залежь, сенокосы, пастбища, леса и кустарники, болота (рис. 6.6). Отсутствие изображения рельефа не позволяет использовать контурные планы в качестве картографической основы.

Аэрофотоматериалы. Существует четыре вида аэрофотоматериалов, используемых в качестве картографической основы: контактные аэрофотоснимки, репродукции накладки монтажа,

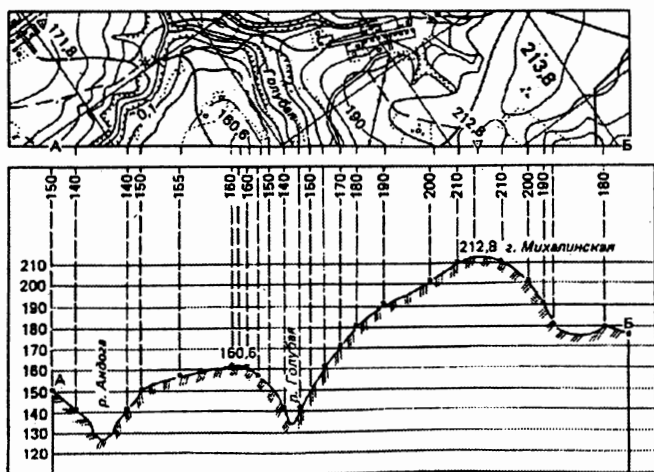


Рис. 6.5. Построение профиля по карте

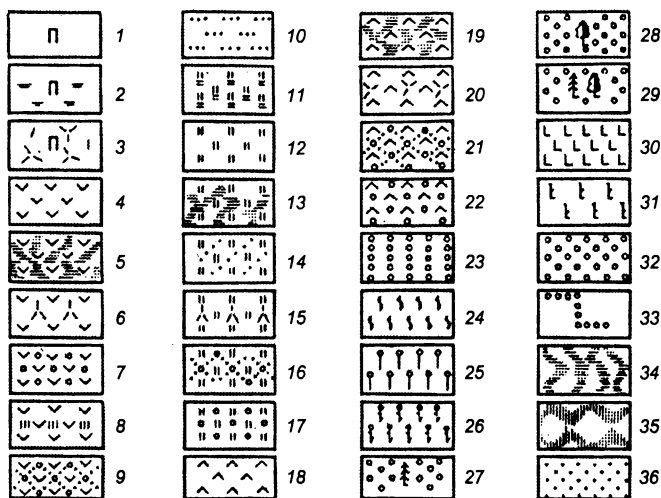


Рис. 6.6. Условные знаки сельскохозяйственных угодий:

1 — пашня; 2 — пашня, излишне увлажненная; 3 — пашня, засоренная камнями; 4 — перелogi и залежи; 5 — перелogi и залежи заболоченные; 6 — перелogi и залежи, засоренные камнями; 7 — залежь залесенная; 8 — залежь сильнозасоленная; 9 — залежь закустаренная; 10 — целина; 11 — сенокос заливной; 12 — сенокос суходольный; 13 — сенокос заболоченный; 14 — сенокос закочкаренный; 15 — сенокос, засоренный камнями; 16 — сенокос закустаренный; 17 — сенокос залесенный; 18 — выгоно-пастбище суходольное; 19 — выгоно-пастбище заболоченное; 20 — выгоно-пастбище, засоренное камнями; 21 — выгоно-пастбище закустаренное; 22 — выгоно-пастбище залесенное; 23 — фруктовые сады; 24 — виноградники; 25 — чайные плантации; 26 — табачные плантации; 27 — хвойные леса; 28 — лиственные леса; 29 — смешанные леса; 30 — вырубленные леса; 31 — горелые леса; 32 — лесные питомники; 33 — лесные полосы; 34 — болота; 35 — солончаки; 36 — пески.

трансформированные фотопланы и фотопланы с перенесенными на них с топографической карты горизонталями, изображающими рельеф территории.

Контактный аэрофотоснимок — фотография местности, снятая с самолета (рис. 6.7.). Ценность аэрофотоснимков заключается в большой объективности изображения земной поверхности, рельефа, растительности, сельскохозяйственных участков, рек, дорог и т.д. Насыщенность аэрофотоснимков объектами очень велика, что позволяет ориентироваться на местности, пользуясь аэрофотографической плановой основой, с предельной точностью.



Рис. 6.7. Контактный аэрофотоснимок (фрагмент)

По сравнению с другими видами картографической основы контактные аэрофотоснимки обладают рядом положительных свойств.

На аэрофотоснимках легко читается рельеф (как его макро- и мезоформы, так и микрорельеф). При аэрофотосъемке местности, благодаря продольному перекрытию (не менее 50%), одни и те же объекты фотографируются дважды из различных точек пространства. Это дает возможность стереоскопического (объемного) рассматривания аэрофотоснимков. Изучение форм рельефа на контактных отпечатках с помощью стереоскопа позволяет получить подробную информацию о топографии местности.

Контактные аэрофотоснимки удобны для работы в поле благодаря своей компактности; на контактных отпечатках несложно распознать угодья (леса, пашни, болота) и уловить различия в группировках растительности, степени увлажнения отдельных контуров и т.д.

Пользуясь материалами аэрофотосъемки, можно до выезда в поле разделить исследуемую территорию на ландшафтные единицы, установить некоторые дешифровочные признаки отдельных почв.

Накидной фотомонтаж изготавливают из контактных аэрофотоснимков, обрезанных по полезной площади, совмещенных по границам обреза и наклеенных на плотную бумагу. Фотомонтаж имеет те же недостатки, что и контактные аэрофотоснимки, кроме того его нельзя стереоскопировать.

Фотоплан составляют на основе трансформированных аэрофотоснимков (рис. 6.8). Он привязан к геодезической сети, имеет координатную сетку и точный масштаб (обычно 1:10 000 или 1:25 000). Фотоплан содержит менее качественное изображение местности по сравнению с контактными аэрофотоснимками, обусловленное пересъемкой.

В наибольшей степени отвечают требованиям почвенной съемки фотопланы с нанесенными на них горизонталями, отображающими рельеф, и отдешифрованными сельскохозяйственными угодьями. Такая картографическая основа имеет все достоинства топографических карт и, кроме того, дает дополнительные возможности дешифровать почвенный покров по тону изображения, структуре поверхности, форме и размеру контуров.

Космический снимок — это фотография земной поверхности, снятая с космического корабля или искусственного спутника Земли (рис. 6.9). Снимки подразделяются на обзорные (масштаб 1:10 000 000-1:100 000 000), мелкомасштабные (1:500 000-

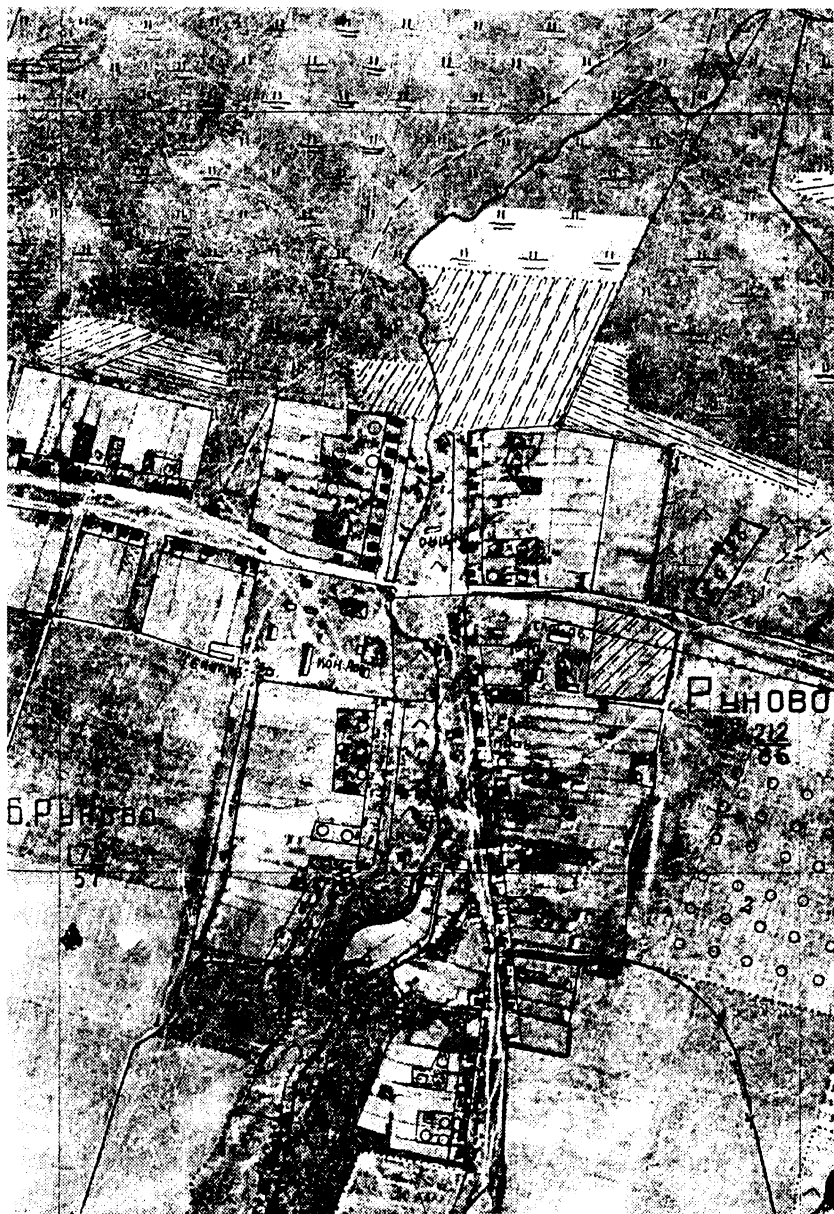


Рис. 6.8 Фотоплан с дешифрованными сельскохозяйственными угодьями масштаба 1:10 000 (фрагмент)



Рис. 6.9 Космический снимок (фрагмент)

1:2 500 000) и среднемасштабные (1:100 000-1:300 000). Последние получают с помощью специализированных фотографических систем. Они с высокой детальностью передают изображение почвенного покрова, различия в механическом составе, в степени гумусированности, влажности, эродированности и др.

Для составления средне- и мелкомасштабных почвенных карт целесообразно иметь масштаб космических снимков, одинаковый с масштабом картографирования. Это связано не только с техническими удобствами, но и, в основном, со сходным уровнем генерализации. Существенно, что на космических снимках происходит объективная оптическая генерализация земной поверхности и почвенного покрова.

Поскольку при съемке из космоса, с высоты более 80-100 км, получают в основном мелкомасштабные снимки, для приведения их масштабов в соответствие с масштабом картографирования оригиналы увеличивают в 2-5 раз.

Аэрокосмические методы при картографировании почв применяют все шире. Существует комплекс аэрокосмических методов изучения природных ресурсов, в том числе почвенного покрова.

Набор аэрокосмического, фотографического и фотоэлектронного оборудования, установленного на самолетах, космических кораблях и спутниках, позволяет автоматизировать процессы дешифрирования почвенного покрова с использованием ЭВМ.

6.1.1. Задание 8. Прогнозирование вероятной степени смытости почв по топографической карте

1. Скопировать фрагмент топографической карты (рис. 6.1.)
2. Построить карту углов наклона, используя шкалу заложений, выделяя контуры с градациями уклонов: менее 1° ; 1-2; 2-5; 5-10 и более 10° .

3. Пользуясь таблицей 6.1, составить картограмму вероятной степени смытости. Для этого на карте углов наклона оконтурить склоны разной экспозиции и, учитывая удаленность от водораздела по линии стока, проставить индексы степени смытости почв.

4. Построить профиль по линии А-В и нанести на профиль индексы почв с разной степенью смытости на соответствующих элементах рельефа.

5. Проанализировать зависимость степени эродированности почв от длины, крутизны и экспозиции склона.

6.1. Смытость дерново-подзолистых почв в зависимости от их положения в рельефе (в числителе — для песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почв, в знаменателе — для среднесуглинистых пылеватых) (по В.П. Лидову, 1981)

L*	Крутизна склона, град				
	< 1	1-2	2-5	5-10	> 10
<i>Южная и западная экспозиции</i>					
< 50	<u>несмытая</u> несмытая	<u>несмытая</u> несмытая	<u>сдергивание почвенного покрова орудиями</u> относительно более слабое сдергивание		
50-100	То же	То же	<u>слабосмытая</u> несмытая	<u>среднесмытая</u> слабосмытая	<u>слабосмытая</u> слабосмытая
100-200	То же	<u>слабосмытая</u> несмытая	<u>слабосмытая</u> слабосмытая	<u>среднесмытая</u> слабосмытая	<u>сильносмытая</u> среднесмытая
200-300	То же	<u>слабосмытая</u> слабосмытая	<u>среднесмытая</u> среднесмытая	<u>среднесмытая</u> среднесмытая	<u>сильносмытая</u> сильносмытая
300-400	То же	То же	То же	То же	То же
> 400	То же	То же	То же	То же	То же
<i>Северная и восточная экспозиции</i>					
< 50	<u>несмытая</u> несмытая	<u>несмытая</u> несмытая	<u>сдергивание почвенного покрова орудиями</u> относительно более слабое сдергивание		
50-100	То же	То же	<u>слабосмытая</u> несмытая	<u>слабосмытая</u> слабосмытая	<u>слабосмытая</u> слабосмытая
100-200	То же	<u>слабосмытая</u> несмытая	<u>слабосмытая</u> слабосмытая	<u>среднесмытая</u> слабосмытая	<u>среднесмытая</u> среднесмытая
200-300	То же	<u>слабосмытая</u> слабосмытая	<u>среднесмытая</u> слабосмытая	<u>среднесмытая</u> слабосмытая	То же
300-400	То же	То же	<u>среднесмытая</u> среднесмытая	<u>сильносмытая</u> сильносмытая	<u>сильносмытая</u> сильносмытая
> 400	То же	То же	То же	То же	То же

*L — пояса равноудаленности от водораздела по линии стока, м.

6.2. Чтение форм и элементов рельефа по топографической карте

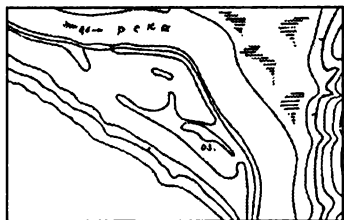
Рельеф — это совокупность форм земной поверхности разных размеров. Наука о рельефе, его строении и происхождении — геоморфология. В зависимости от размеров форм земной поверхности различают мегарельеф, макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. *Мегарельеф* — это наиболее крупные неровности земной поверхности — материковые массивы и океанские впадины. *Макрорельеф* — крупные формы земной поверхности, занимающие большую площадь, с колебаниями высот, измеряемыми сотнями метров и километрами (горные хребты, плоскогорья, равнины). *Мезорельеф* —

формы рельефа средних размеров с колебаниями высот, измеряемыми метрами и десятками метров (склоны, ложбины, балки, террасы и др). *Микрорельеф* — мелкие формы рельефа, занимающие незначительные площади, с колебаниями высот в пределах одного метра (западины, блюдца, бугорки и др). Разновидностью микрорельефа является *нанорельеф* — самые мелкие формы рельефа с колебаниями высот в пределах 30 см: кочки, неровности, связанные с обработкой почвы (борозды, гребни и др.).

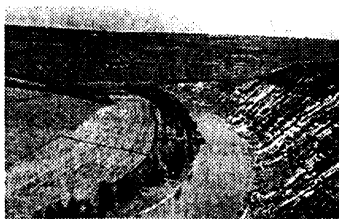
Рельеф является важнейшим фактором при составлении крупномасштабных и детальных почвенных карт. Он обуславливает большое разнообразие почвенных комбинаций, определяет их содержание, форму, размеры и позволяет с высокой степенью точности переносить естественные границы почв на почвенные карты. При крупномасштабном и детальном картографировании почв проводится анализ мезо- и микрорельефа. Мезорельеф и микрорельеф обуславливают перераспределение влаги и тепла, определяют миграцию растворимых веществ и мелкозема.

Формы мезорельефа складываются из различных элементов рельефа. При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы рельефа: вершины водоразделов, склоны, подошвы склонов, шельфы склонов, днища межсклоновых западин, днища и склоны оврагов, балок, ложбины, лощины, поймы, террасы, уступы и склоны террас (рис. 6.10).

Сочетания элементов рельефа образуют положительные формы мезорельефа — холмы, бугры, гривы, увалы, гряды, дюны, барханы, озы, камы, друмлины (рис. 6.11) — и отрицательные — балки, ложбины, лощины, овраги, карстовые понижения, промоины.



А



Б

Рис. 6.10. Отображение рельефа на топографической карте:

А — пойма, первая надпойменная и коренная терраса реки;

Б — фотоснимок поймы и террасы той же реки.

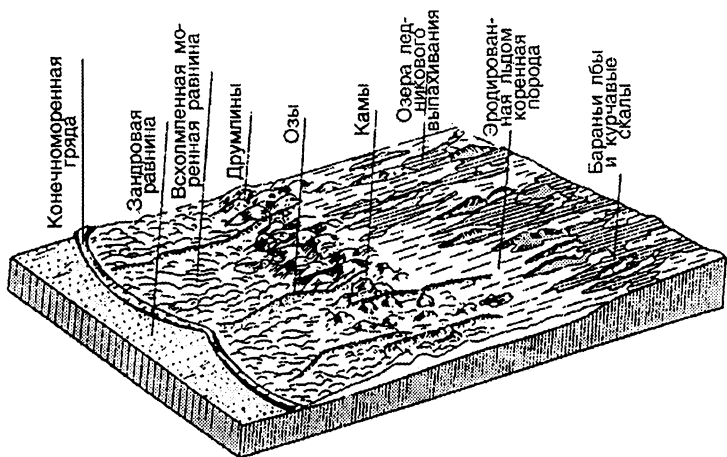


Рис. 6.11. Схема соотношения ледниковых и водно-ледниковых форм материковых отложений

Холмом называется небольшое возвышение округлой формы с широким основанием, постепенно сливающимся с равниной. Высота холма 40-100 м, иногда до 200 м (рис. 6.12).

Бугор характеризуется меньшей высотой (10-25 м) и более крутыми склонами.

Грива, гряда, увал — удлиненные возвышения, отличающиеся от холма тем, что их длина в несколько раз превышает ширину.

Гряды, имеющие форму длинных (до 30-40 км) узких валов моренного происхождения, называют озами. Их ширина 40-100 м, высота 25-30 м.

Друмплины — моренные холмы продолговато-овального очертания длиной до 25 км, шириной 10-150 м, высотой 5-25 м.

Камы — холмы моренного происхождения высотой до 100 м.

Гидрографическая сеть представляет собой систему понижений, по которым осуществляется сток поверхностных вод. Эта система имеет в плане вид ветвящегося дерева. Верхнюю часть гидрографической сети, в которой обычно отсутствуют постоянные водотоки, называют суходольной сетью. Различают следующие элементы суходольной сети: в верхней части суходольная сеть начинается ложбинами — линейными формами рельефа с глубиной до 1 м, имеющими пологие склоны не круче 3-8°, водосборная площадь ложбины — до 50 га, ложбины обычно распаиваются; ниже по склону ложбина становится *лощиной* (рис. 6.13) или впадает в лощину, которая имеет хорошо выраженное дно, более

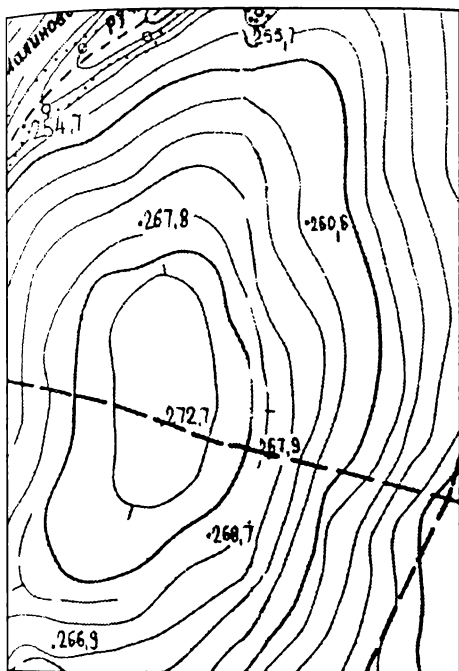


Рис. 6.12. Изображение холма на топографической карте масштаба 1:10 000

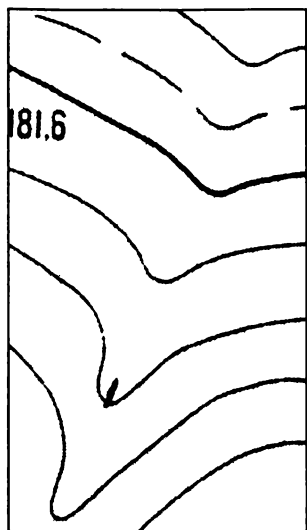


Рис. 6.13. Изображение лощины на топографической карте масштаба 1:10 000 (увеличено в 2 раза)

крутые (8-15°) берега, глубина лощины до 8-10 м, ширина до 40-60 м, водосборная площадь лощины достигает 500 га; вниз по склону лощина расширяется и становится балкой или впадает в балку; *балка* (рис. 6.14) имеет хорошо выраженную бровку, широкое дно, глубина балок — 6-20 м, ширина — 60-200 м, площадь водосбора — до нескольких тысяч га, на дне балки обычно хорошо выражено русло временного водотока. Балки впадают в речные долины, являющиеся наиболее древней частью гидрографической долины. Долина реки отличается от балки наличием постоянного водотока и связанной с ним формы рельефа — поймы.

К современным образованиям относятся водороины, промоины и овраги (М.С. Кузнецов, 1996).

Водороины — размывы в почве глубиной 0,2-0,6 м, которые заравниваются при вспашке.

Промоины (рис. 6.15) — размывы глубиной 0,5-3 м, шириной

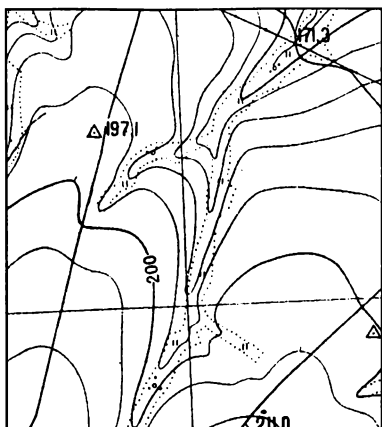


Рис. 6.14. Изображение балки на топографической карте масштаба 1:10 000

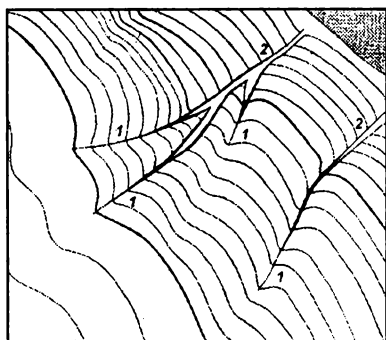


Рис. 6.15. Промоины (1) и овраги шириной от 3 до 10 м (2) на крутом склоне (увеличено с масштаба 1:10 000)

0,5-8 м, которые невозможно выровнять с помощью обычных агротехнических приемов. Промоины часто захватывают не только толщу почвы, но и почвообразующую породу. Для засыпания промоин необходимо завозить грунт со стороны.

Овраг (рис. 6.16), в отличие от водороев и промоин, вырабатывает собственный (вогнутый или ступенчатый) профиль, который отличается от профиля склона. Глубина оврагов может достигать 30 м, а ширина 50 м. Более 80% оврагов относится к коротким (до 500 м).

Для определения степени вертикального и горизонтального расчленения рельефа используют легко читаемые по топографической карте условные линии в местах пересечения различных склонов — водораздельные и подошвенные линии, бровки (рис. 6.17), тальвеги.

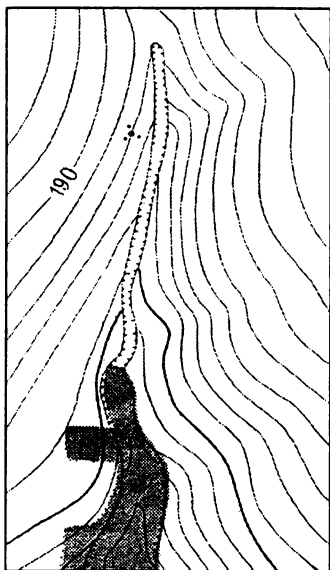


Рис. 6.16. Овраг шириной более 10 м
(увеличено с масштаба 1:10 000)

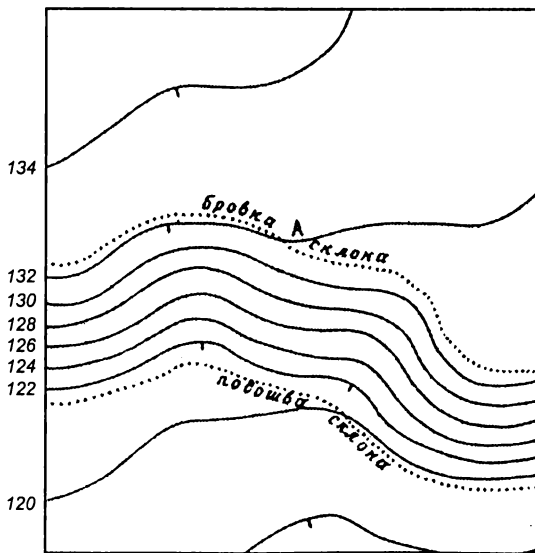


Рис. 6.17 Схематизированное изображение горизонталями склона долины реки с прилегающими к нему частью водораздельной поверхности и частью речной террасы (по Гедымину А.В., 1990)

Водораздельная линия проходит по наивысшим точкам двух противоположных склонов и является границей водораздела. Горизонтالي на топографической карте в местах пересечения с водораздельной линией сильно изогнуты.

Подошвенная линия разделяет основание склонов и равнинные участки, служит границей смытых и намывных почв.

Тальвеги представлены наиболее низкими частями дна оврагов, балок, русел рек. На топографических картах горизонтали в местах пересечения с линией тальвега сильно изогнуты.

Бровка — это линия резкого перегиба склона, она отделяет склоны, сильно отличающиеся крутизной. Расположены бровки по краям балок, оврагов, террас. В таблицах 6.2, 6.3 представлены группировки рельефа по степени горизонтального и вертикального расчленения.

6.2. Группировка рельефа по степени горизонтального расчленения

Степень расчленения	Расстояние между водораздельной линией и тальвегом, м
Слаборасчлененный	Более 1000
Среднерасчлененный	100-1000
Сильнорасчлененный	50-100
Очень сильнорасчлененный	менее 50

6.3. Группировка рельефа по степени вертикального расчленения

Степень расчленения	Амплитуда перепада высот водораздела и тальвега, м	
	Равнинные территории	Холмистые территории
Мелкорасчлененный	менее 2,5	менее 25
Среднерасчлененный	2,5-5,0	25-50
Глубокорасчлененный	5-10	50-100

6.2.2. Задание 9. Составление карты форм и элементов рельефа:

Построить карту форм и элементов рельефа на основе топографической карты (рис. 6.1), используя в качестве образца фрагмент карты форм и элементов рельефа (рис. 6.18).

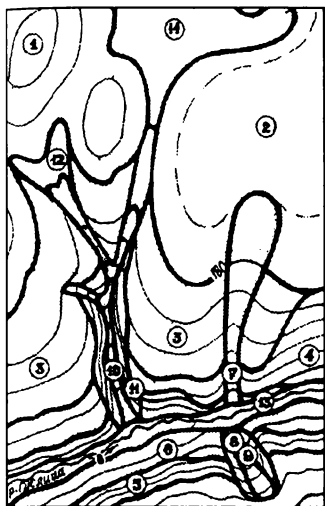


Рис. 6.18. Карта форм и элементов рельефа (уменьшено с масштаба 1:10 000)

Цифрами на карте обозначены: 1 — выпуклые вершины холмов и холмистые водораздельные поверхности (1-2°); 2 — плоская водораздельная поверхность (менее 1°); 3 — пологие приводораздельные склоны (1-2°); 4 — пологие склоны (2-3°); 5 — покатые склоны (3-5°); 6 — выположенные нижние части склонов (2-3°); 7 — ложбины; 8 — днища лощин; 9 — склоны лощин; 10 — днища балок; 11 — склоны балок; 12 — привершинные водосборы балок; 13 — пойма; 14 — межводораздельные понижения.

6.3. Структура почвенного покрова

Современные представления о структуре почвенного покрова (СПП) основываются на трудах В.М. Фридланда. Структура почвенного покрова — формы пространственных смен элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок. Структура почвенного покрова определяется пространственным размещением неоднородных почв на небольших территориях, поэтому она наиболее полно раскрывается при крупномасштабном и детальном почвенном картографировании. Эти неоднородности обуславливаются, в основном, особенностями рельефа и почвообразующих пород. Помимо теоретического интереса, познание структуры почвенного покрова имеет большое практическое значение. Данные о структуре почвенного покрова используют при картографировании почв, при почвенном районировании, а также при сельскохозяйственной типизации и учете земель.

В качестве элементарной единицы почвенного покрова В.М. Фридландом предложен элементарный почвенный ареал (ЭПА). ЭПА представляет собой участок почвенного покрова, занятый одной почвой самого низкого таксономического ранга (разряд), со всех сторон окруженный другими ЭПА или непочвенными образованиями (карьеры, водоемы и т.п.). Внутри ЭПА невозможно

выделить более мелкие почвенные контуры, так как он представлен почвой, относящейся к самому низкому таксономическому уровню — разряду. Соседние ЭПА могут отличаться друг от друга на разных таксономических уровнях — от разряда до типа. Площади ЭПА колеблются в очень широких пределах — от нескольких квадратных метров (пятна солонцов среди каштановых почв) до нескольких тысяч гектаров (ЭПА черноземов). Принято подразделять ЭПА на мелкоконтурные — площадью менее 1 га, среднеконтурные 1-20 га и крупноконтурные — площадью более 20 га. ЭПА различаются также по форме, содержанию и условиям образования.

Система регулярно чередующихся, в разной степени генетически связанных ЭПА образует почвенную комбинацию (ПК). Почвенные комбинации могут рассматриваться как наименьшие целостные участки структуры почвенного покрова и представляют собой более сложные, чем ЭПА, таксономические единицы. В зависимости от характера рельефа, свойств почвообразующих пород и других факторов элементарные почвенные ареалы образуют различные микро-, мезо- и макрокомбинации. Формирование *микрокомбинаций* обычно обусловлено микрорельефом, т.е. мелкими формами рельефа с линейными размерами порядка метров и десятков метров, с перепадом высот в пределах одного метра. Формирование *мезокомбинаций* связано с мезорельефом (средние формы рельефа с линейной протяженностью в сотни и тысячи метров, колебания высот, измеряемые метрами и десятками метров), а также с пространственной сменой пород. *Макрокомбинации* представляют собой чередование мезокомбинаций, связанное с макрорельефом.

Для группировки почвенных комбинаций используется также показатель *контрастности*, характеризующий степень различия в уровне плодородия между компонентами (ЭПА), входящими в состав ПК. По этому показателю ПК подразделяют на контрастные и неконтрастные (слабоконтрастные).

С учетом величины ЭПА и контрастности почв, входящих в состав ПК, выделяют шесть классов ПК: комплексы, пятнистости, сочетания, вариации, мозаики, ташеты.

Комплексы — это микрокомбинации, в которых регулярно чередуются мелкие пятна контрастных почв. Примеры комплексов, встречающихся в разных природных зонах, представлены на рисунках 6.19-6.21.

Пятнистости — это микрокомбинации с чередованием небольших по площади пятен неконтрастных почв. Примеры пятнистостей для разных природных зон представлены на рисунках 6.22-6.24.

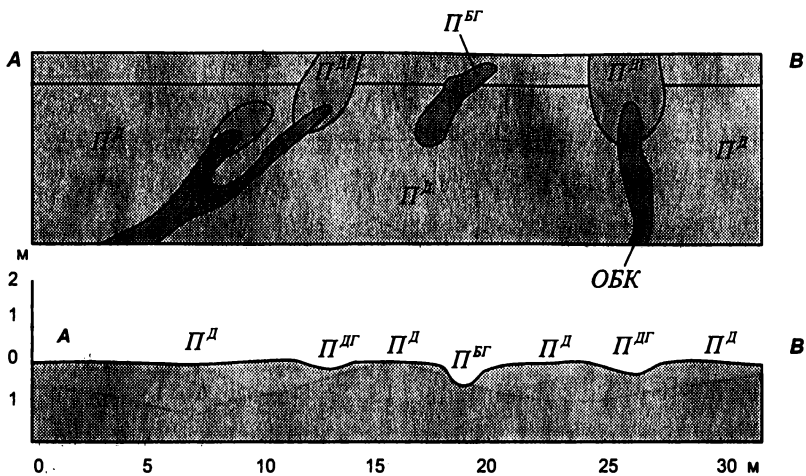


Рис. 6.19. Южно-таежная подзона, комплекс дерново-подзолистых, дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных и болотно-подзолистых поверхностно-глеевых почв

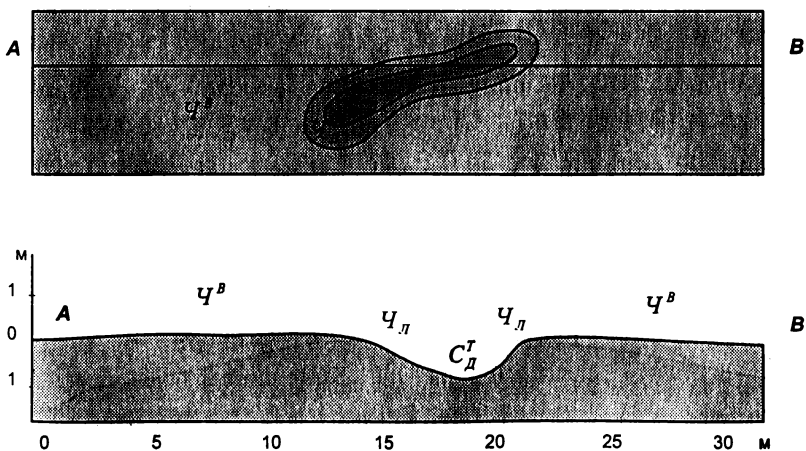


Рис. 6.20. Лесостепная зона, комплекс черноземов выщелоченных, лугово-черноземных почв и солодей типичных

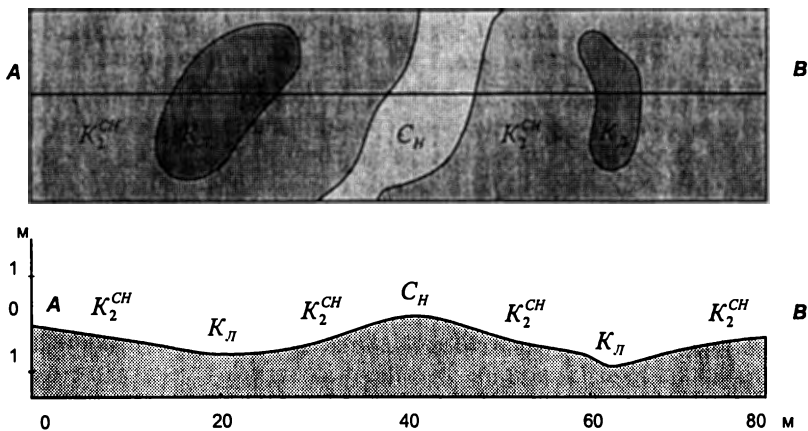


Рис. 6.21. Сухостепная зона, комплекс каштановых солонцеватых, лугово-каштановых почв и солонцов каштановых

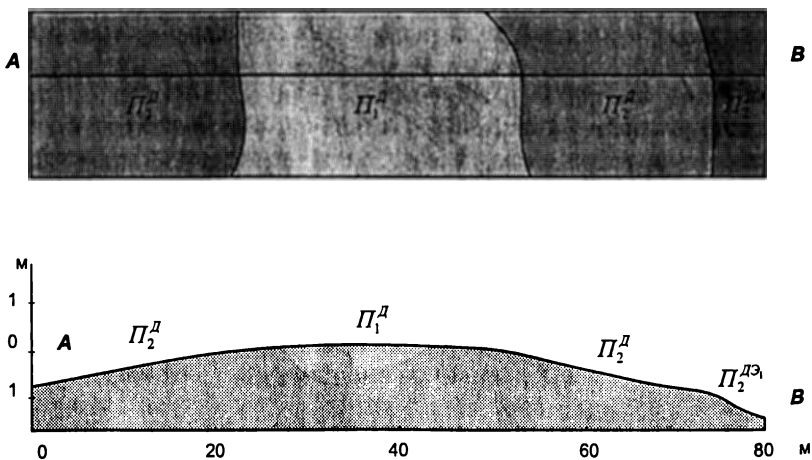


Рис. 6.22. Южно-таежная подзона, пятнистость дерново-поверхностно-подзолистых, дерново-мелкоподзолистых и дерново-мелкоподзолистых слабосмытых почв

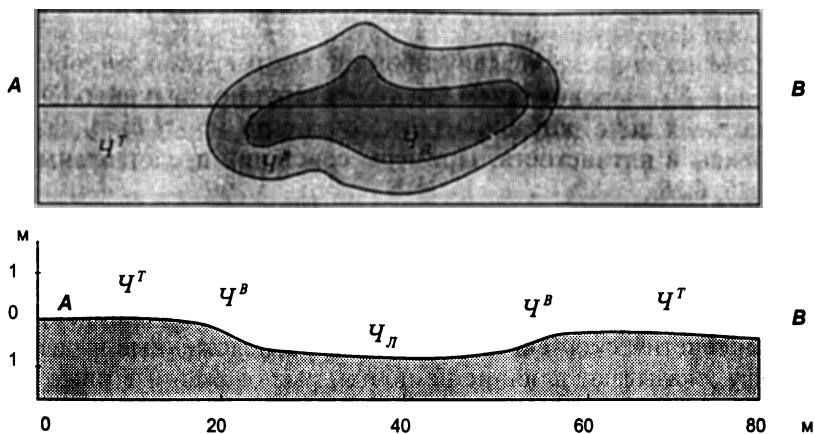


Рис. 6.23. Лесостепная зона, пятнистость черноземов типичных, черноземов выщелоченных и лугово-черноземных почв

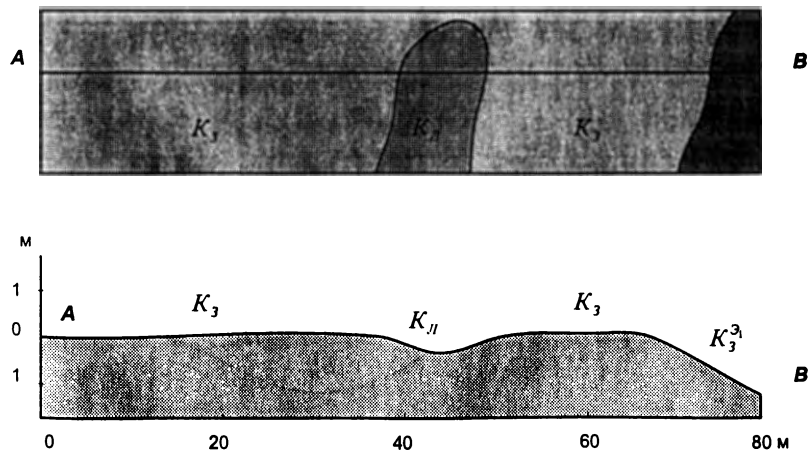


Рис. 6.24. Сухостепная зона, пятнистость темно-каштановых, лугово-каштановых и темно-каштановых слабосмытых почв

Компоненты комплексов и пятнистостей находятся в двух-сторонней генетической связи, т.е. взаимно влияют друг на друга при своем формировании.

Сочетания представляют собой почвенные мезокомбинации с регулярным чередованием средне- и крупноконтурных ЭПА контрастных почв, компонентами сочетаний могут быть также комплексы и пятнистости. Примеры сочетаний представлены на рис. 6.25, 6.26.

Вариации — мезокомбинации неконтрастных почв, смена ЭПА в которых обусловлена изменением мезорельефа. Примеры вариаций представлены на рисунках 6.27, 6.28.

Компоненты сочетаний и вариаций находятся в однонаправленной генетической связи, т.е. почвы, расположенные выше по рельефу, оказывают влияние на почвы, расположенные ниже.

Мозаики представляют собой комбинации контрастных почв, формирование которых связано с пространственными изменениями состава и свойств почвообразующих пород. Пример мозаики представлен на рисунке 6.29.

Ташеты — комбинации, состоящие из неконтрастных почв, их формирование обусловлено пространственной сменой почвообразующих пород или воздействием различных типов растительности. Пример ташета представлен на рис. 6.30.

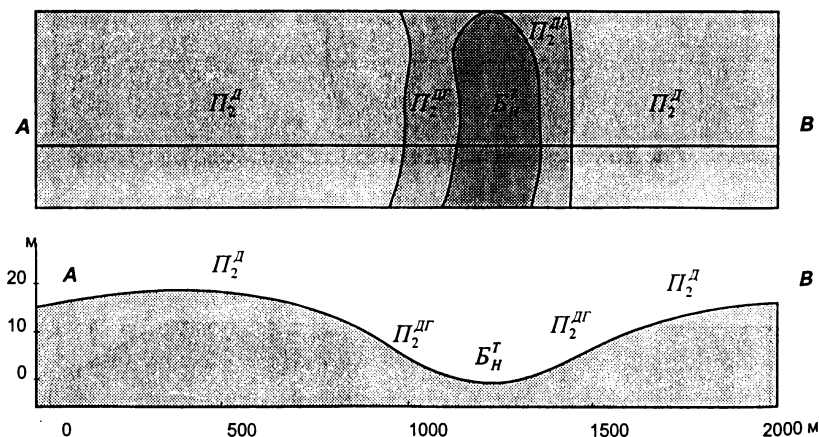


Рис. 6.25. Таежно-лесная зона, сочетание дерново-мелкоподзолистых, дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных и болотных низинных торфяных почв

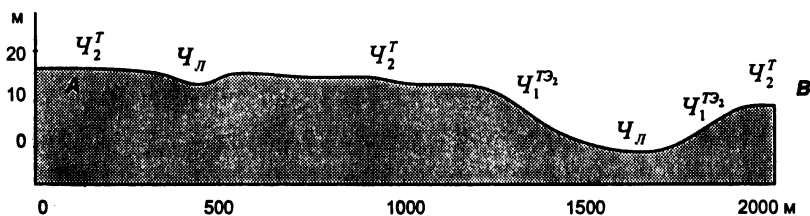
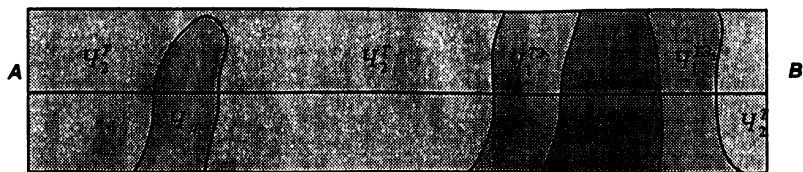


Рис. 6.26. Лесостепная зона, сочетание черноземов типичных среднемощных, лугово-черноземных почв и черноземов маломощных среднесмыглых

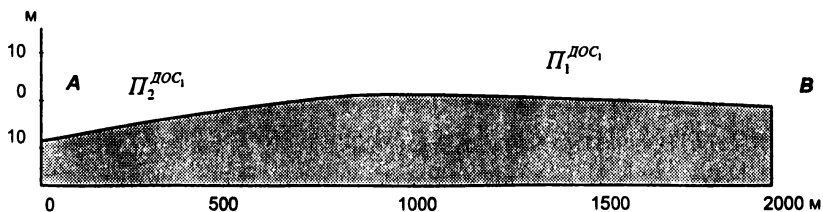
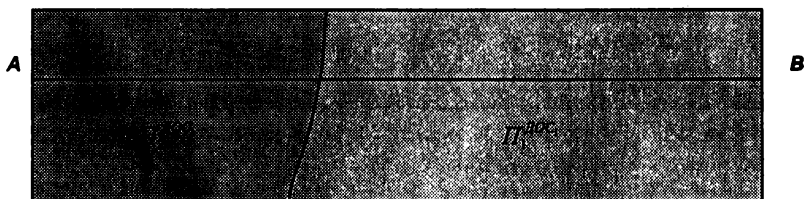


Рис. 6.27. Таежно-лесная зона, вариация дерново-поверхностно-подзолистых мелкопахотных и дерново-мелкоподзолистых мелкопахотных почв

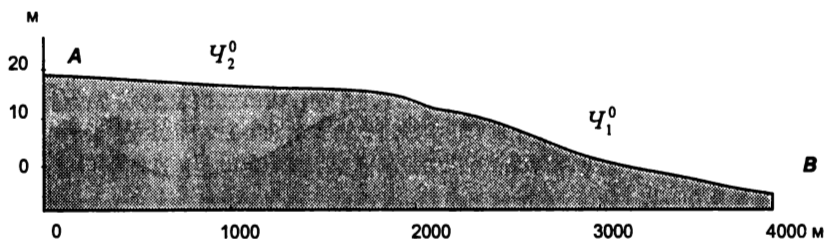
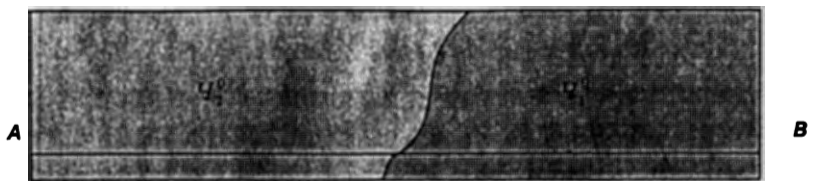


Рис. 6.28. Степная зона, вариация черноземов обыкновенных среднемошных и черноземов обыкновенных маломощных

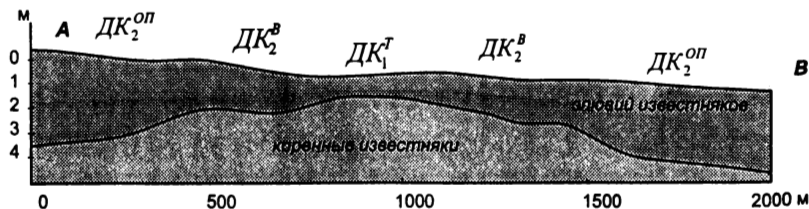
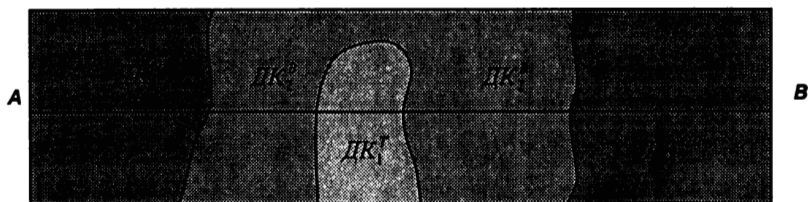


Рис. 6.29. Таежно-лесная зона, мозаика дерново-карбонатных типичных маломощных, дерново-карбонатных выщелоченных среднемошных и дерново-карбонатных оподзоленных среднемошных почв

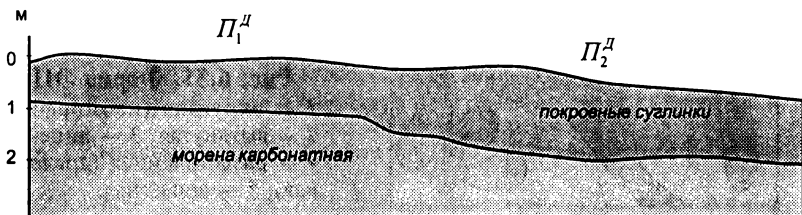
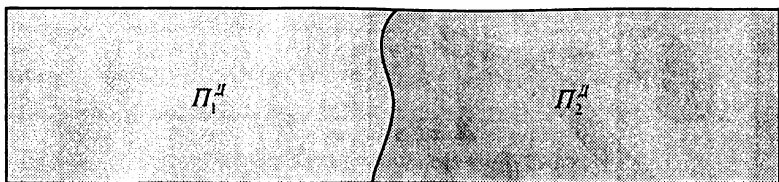


Рис. 6.30. Южно-таежная подзона, ташет дерново-поверхностно-подзолистых и дерново-мелкоподзолистых почв

Среди мозаик и ташетов обычно выделяют микро- и мезомозаики и микро- и мезоташеты.

В мозаиках и ташетах обычно отсутствует генетическая связь между ЭПА, входящими в их состав.

ЭПА, составляющие ПК, имеют разнообразную форму; различают изоморфные (округлые), в которых отношение длины контура к его ширине менее 2; вытянутые — отношение 2-5; линейные — более 5; разветвленные (древовидные); лопастные — рис. 6.31.

ПК могут быть простыми (элементарные почвенные структуры, ЭПС) и сложными. К простым относятся ПК, которые включают только ЭПА. Сложные ПК образованы не только ЭПА, но и комбинациями более низкого порядка.

Изрезанность границ ЭПА характеризуют при помощи коэффициента расчленения (K_p), показывающего отношение периметра ЭПА к длине окружности, площадь которой равна площади данного ЭПА; коэффициент расчленения рассчитывают по формуле:

$$K_p = \frac{P}{3,54\sqrt{S}},$$

где: P — длина границ ЭПА; S — площадь ЭПА.

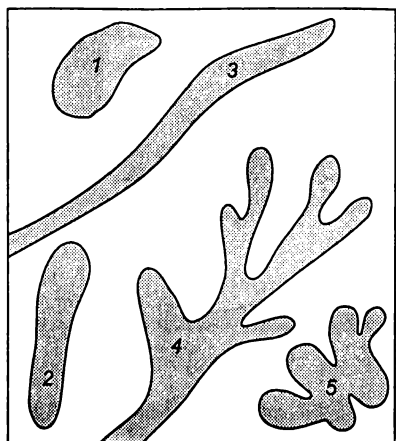


Рис. 6.31. Форма ЭПА:
 1 — округлая (изоморфная);
 2 — вытянутая; 3 — линейная;
 4 — разветвленная (древовидная); 5 — лопастная.

В зависимости от величины коэффициента расчленения выделяют четыре группы ЭПА: нерасчлененные ($K_p < 2$), слаборасчлененные ($K_p = 2-4$), среднерасчлененные K_p (4-6) и сильнорасчлененные ($K_p > 6$).

Структура почвенного покрова характеризуется следующими показателями: сложностью, контрастностью и неоднородностью.

Сложность (пестрота) СПП это частота смены почвенных ареалов, она определяется площадью ЭПА, количеством ЭПА, приходящихся на единицу площади, степенью изрезанности границ ЭПА. Для расчета коэффициента сложности используется следующая формула (по Я.М. Годельману):

$$КС = \frac{K_p}{S},$$

где КС — коэффициент сложности; K_p — средний коэффициент расчленения для ЭПА участка; S — среднее значение площади ЭПА участка.

Для оценки контрастности почвенного покрова В. М. Фридланд (1972 г.) предложил следующую шкалу (табл. 6.4).

ЭПА, входящие в состав почвенных комбинаций, могут различаться с точки зрения требований сельскохозяйственных культур к почвенному плодородию, по особенностям сельскохозяйственного использования и возможностям улучшения и трансформации. Для агрономической оценки СПП используются понятия агрономической совместимости и агрономической однородности.

6.4. Шкала контрастности почв (по В.М. Фридланду, 1972)

Балл контрастности	Название	Различия агропроизводственных особенностей двух сравниваемых почв
0	Неконтрастные	Почвы принадлежат к одной агропроизводственной группе.
1	Слабоконтрастные	Почвы принадлежат к разным агропроизводственным группам (но к одной мелиоративной группе), различий в принципах ведения хозяйства не требует).
2	Среднеконтрастные	Почвы принадлежат к разным агропроизводственным группам (но к одной мелиоративной группе), требуются различия в принципах ведения хозяйства.
3	Сильноконтрастные	Одна из почв не требует мелиорации, а другая требует.
4	Очень сильноконтрастные	Обе почвы требуют мелиорации и принадлежат к разным мелиоративным группам. Одна из почв может быть использована при применении мелиорации, другая не может.
5	Крайне контрастные	Одна из почв может быть использована без мелиораций, а другая не может быть улучшена даже мелиорациями и ее нельзя использовать в сельском хозяйстве.

Агрономически несовместимыми считаются комбинации, ЭПА которых характеризуются сильной контрастностью, поэтому на них требуется проведение совершенно различных агротехнических и мелиоративных мероприятий, невозможно одновременное проведение основных полевых работ и, следовательно, такие ЭПА не должны включаться в состав одного поля.

К агрономически совместимым относят такие почвенные комбинации, в которых ЭПА характеризуются близкими агрономическими свойствами, требуют проведения однотипных агротехнических и мелиоративных мероприятий при одинаковых или близких сроках полевых работ. Такие комбинации могут быть включены в состав одного поля. Среди агрономически совместимых СПП выделяют *однородные*, на которых получают примерно одинаковые урожаи и *неоднородные*, урожаи на которых значительно различаются. На полях с агрономически неоднородными ПК необходимо проводить мероприятия по выравниванию плодородия почв.

6.3.1. Задание 10. Структура почвенного покрова.

На рисунках 6.32-6.36 представлены фрагменты топографической карты масштаба 1:10 000 (основные горизонталы проведены через 2 м) с нанесенными границами почвенных контуров (утолщенные линии) и индексами почв. Для выполнения задания необходимо: 1. Построить почвенно-геоморфологический профиль по линии А-В; 2. Дать название почвенной комбинации; 3. Охарактеризовать почвенную комбинацию с точки зрения агрономической совместимости, агрономической однородности и контрастности входящих в нее почв.

На рисунках 6.37-6.40 представлены почвенно-геоморфологические профили с индексами почв. Для выполнения задания необходимо: 1. Дать название почвенной комбинации; 2. Охарактеризовать почвенную комбинацию с точки зрения агрономической совместимости, агрономической однородности и контрастности входящих в нее почв.

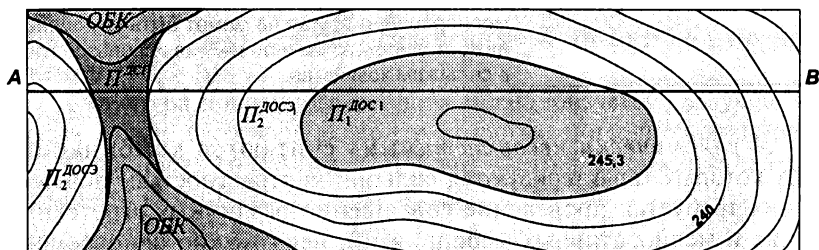


Рис. 6.32.

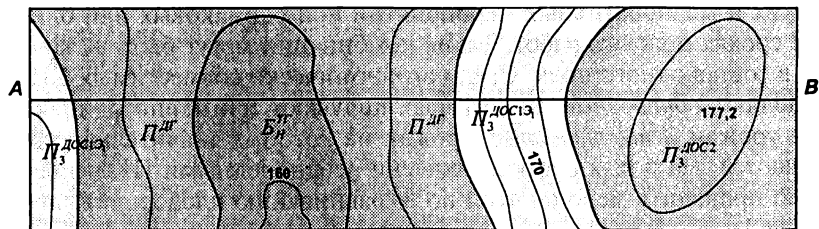


Рис. 6.33.

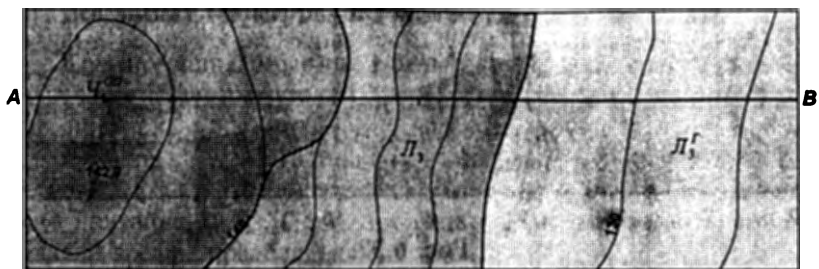


Рис. 6.34.

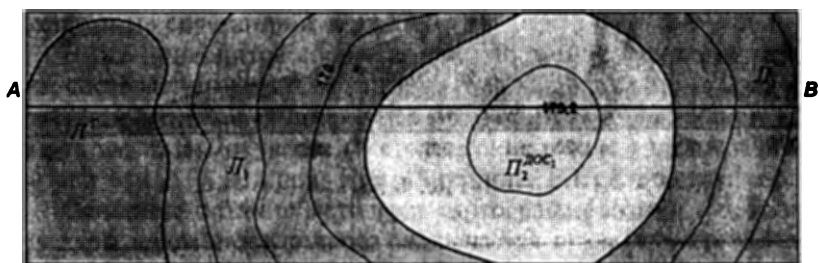


Рис. 6.35.

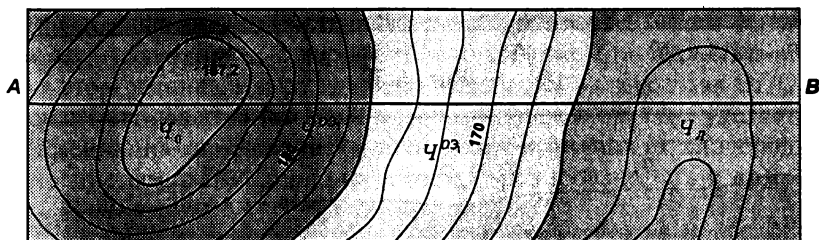


Рис. 6.36.

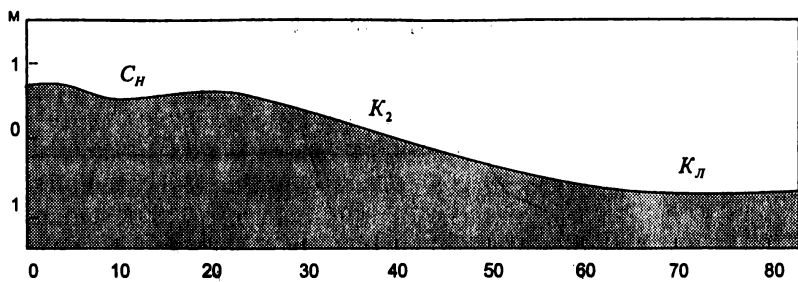


Рис. 6.37.

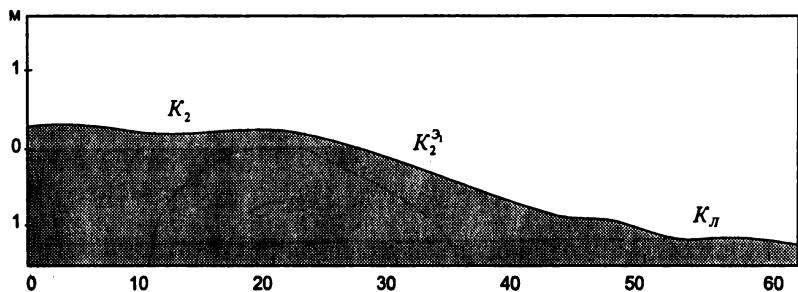


Рис. 6.38.

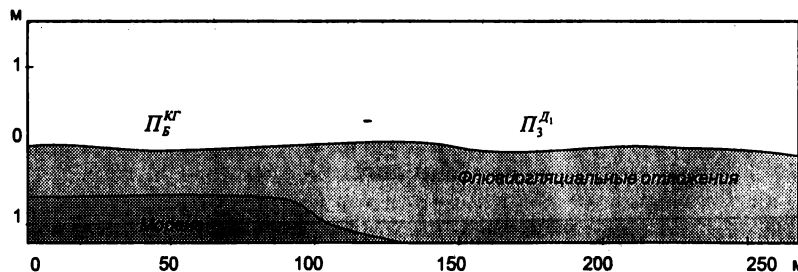


Рис. 6.39.

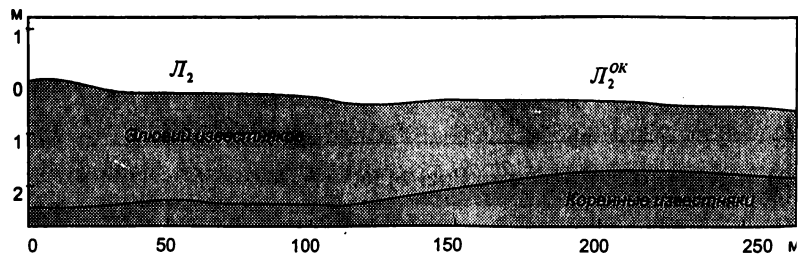


Рис. 6.40.

6.4. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова

Крупномасштабные почвенные карты составлены для всех сельскохозяйственных угодий России. В некоторых областях проведены повторные обследования с корректировкой ранее проведенных обследований. Методика составления крупномасштабных почвенных карт в кратком виде изложена в учебнике «Почвоведение» (Ганжара, 2001). Основное содержание почвенных карт составляли ареалы преобладающих почв.

В настоящее время ставится задача и разрабатываются методы крупномасштабного картографирования с показом структуры почвенного покрова. При этом основное содержание почвенных карт составляют элементарные почвенные структуры (ЭПС), крупные элементарные почвенные ареалы (ЭПА) и реже — мелкоконтурные сочетания и вариации.

Ниже приводится сокращенное изложение сущности методики составления крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова, разработанной в Почвенном институте им. В.В. Докучаева (Методические рекомендации, 1989 г. Составители Л.Л. Шишов, Н.П. Сорокина, Е.И. Панкова).

Основное отличие методики картографирования с показом структуры почвенного покрова заключается в том, что преобладающий объем почвенных выработок (разрезы, полуразрезы, прикопки) распределяется по всей картографируемой площади не равномерно, а сосредоточивается на ключевых участках. Ключевые исследования проводят с целью выявить: основные закономерности и причины дифференциации почвенного покрова; определить связь структуры почвенного покрова с микро- и мезорельефом, литологией, растительным покровом, глубиной залегания грунтовых вод и с аэрофотоизображением на аэроснимках. При этом устанавливают границы между ЭПА в пределах ЭПС и процентное содержание ЭПА в ЭПС. Особое внимание уделяется отражению на картах свойств почв, лимитирующих их плодородие (оглеение, засоление, солонцеватость, эродированность и др.).

Виды ключей:

1. Участки с детальной топографической съемкой площадью 0,5-2 га. На таких ключах составляется детальная почвенная карта с показом всех ЭПА (рис. 6.41). Техника работы на ключах будет описана ниже. По этой методике составляются детальные почвенные карты для опытных участков, стационаров и др. масштаба 1:500-1:2 000.

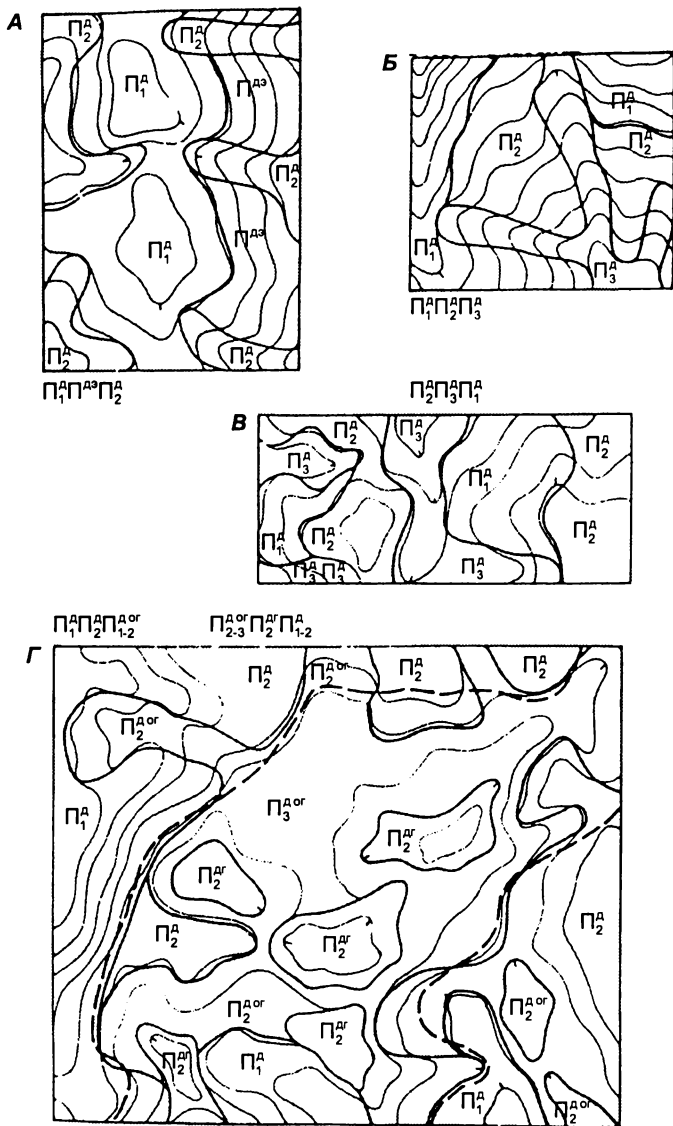


Рис. 6.41. Примеры (А-Г) деталей ключей-площадок (подзона дерново-подзолистых почв, покровные суглинки, масштаб 1:1 000) (по Н.П. Сорокиной, 1989)

Тонкие линии — горизонталы (сечение 10 см); жирные линии — границы ЭПА; пунктир — границы ЭПС

2. “Дешифровочные ключи” закладываются для установления или проверки дешифровочных признаков на аэроснимках. Они закладываются на участках с типичным для исследуемой территории рисунком аэрофотоизображения. Почвенные разрезы закладываются на пятнах разных тонов, что позволяет точно определить состав и долевое участие различных ЭПА и ЭПС.

3. Почвенно-геоморфологические профили (рис. 6.42) длиной 100-1 000 м и более позволяют пересечь более протяженные территории, проще в исполнении. Точность информации по доле-вому участию ЭПА и ЭПС в структуре почвенного покрова не-сколько ниже.

4. Микропрофили длиной 10-30 м пересекают несколько характерных элементов микрорельефа серией выработок (разре-зов — прикопок), буровых скважин. Они эффективны при выра-женном микрорельефе (рис. 6.43).

5. “Гнезда”, или “кусты” из 3-5 прикопок закладывают в пределах одного элемента мезорельефа при отсутствии выраже-ного микрорельефа. “Гнезда” позволяют вскрыть компонентный состав ЭПС на участках, где микрорельеф снивелирован обра-боткой почв, при частой смене почвообразующих пород, при фор-мировании почв на двучленных отложениях.

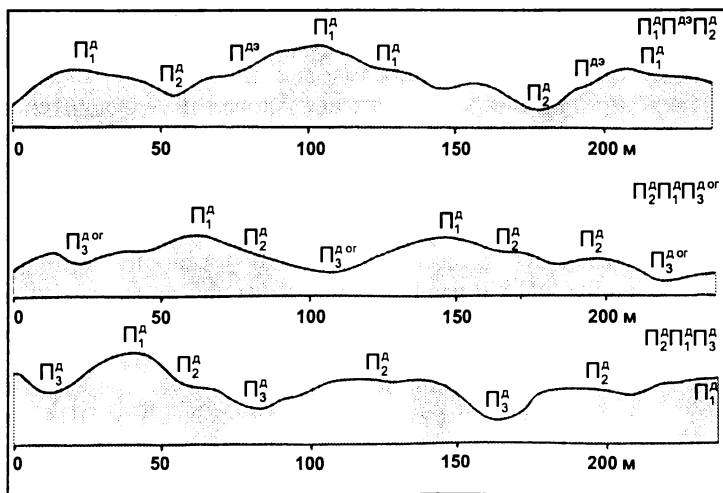


Рис. 6.42. Примеры ключей-профилей (по Н.П. Сорокиной, 1989)

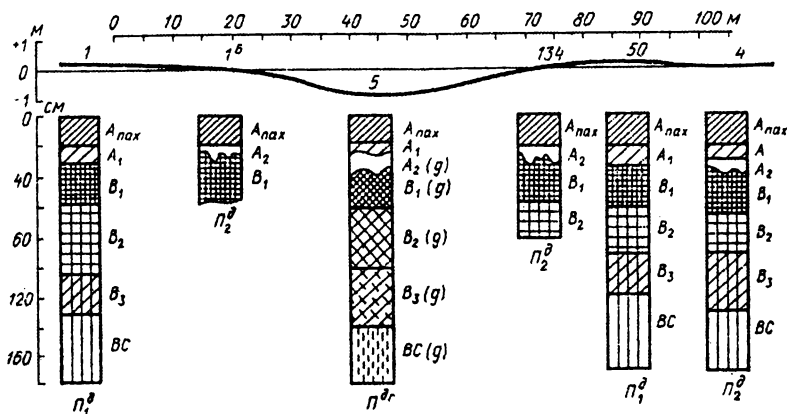


Рис. 6.43. Профиль через холмик и бессточное микропонижение (по М.Г.Синицыной, 1973)

Виды и общее количество ключей определяется особенностями структуры почвенного покрова территории, его изученностью, качеством топографической основы и др. С этой целью в подготовительный период готовятся предварительная картографическая основа и легенда к ней. На топографической карте на основе имеющихся материалов изображаются формы и элементы рельефа, почвообразующие и подстилающие породы, типы фотозображений, а также ЭПА и ЭПС, если их можно определить на основании предшествующих обследований.

После проведения ключевых исследований проводится экстраполяция их материалов на всю обследуемую площадь. Все ключи наносят на предварительную топографическую основу и составляют индикационные таблицы путем сопоставления элементов рельефа с ЭПС, микрорельефа с ЭПА (табл 6.5.)

Индикационные таблицы позволяют установить приуроченность различных ЭПА к разным элементам микрорельефа и количественно оценить выраженность этих связей.

Числитель дроби — число прикопок, характеризующих данное сочетание почва-рельеф, знаменатель — оценка вероятности встретить на данном элементе рельефа тот или иной ЭПА (за 1,0 принимается сумма всех прикопок на данном элементе рельефа).

Элементы рельефа, на которых обнаружена неоднозначная связь с ЭПС (вероятность менее 0,8 или 0,7), нуждаются в дополнительном опробовании или поисках других индикационных при-

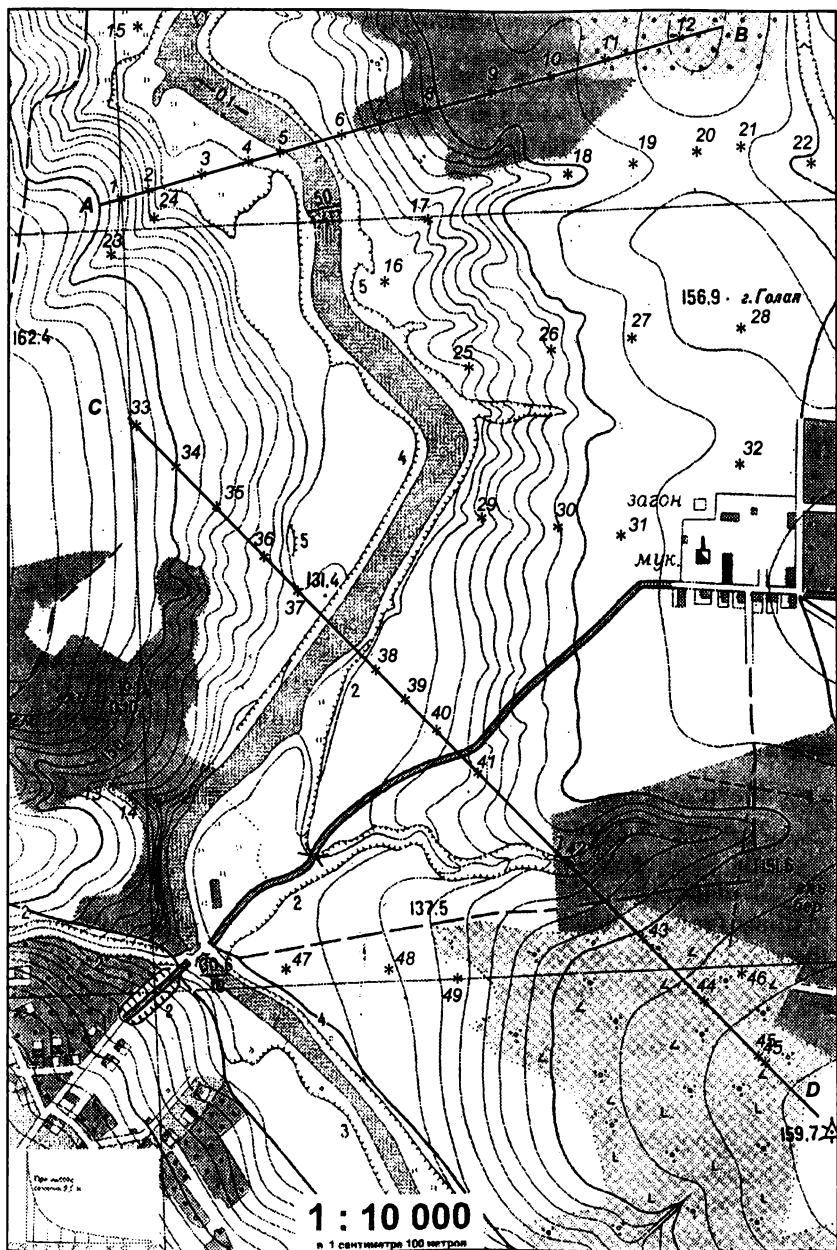


Рис. 6.44. Фрагмент топографической карты масштаба 1:10 000

**6.5. Индикационная таблица для анализа связей ЭПА
с элементами микрорельефа на ключевом участке
(по И.С. Кауричеву, Т.А. Романовой, Н.П. Сорокиной, 1992)**

Элемент микрорельефа	ЭПА				
	Чт	Чв	Чт*	Чл	Сумма
Макроплакор	<u>36</u> 0,95		<u>2</u> 0,05		<u>38</u> 1,00
Микросклон	<u>40</u> 0,53	<u>5</u> 0,07	<u>30</u> 0,40		<u>75</u> 1,00
Ложбина	<u>14</u> 0,58	<u>10</u> 0,42			<u>24</u> 1,00
Склоны западин	<u>5</u> 0,29	<u>11</u> 0,65	<u>1</u> 0,06		<u>17</u> 1,00
Днища				<u>9</u> 1,00	<u>9</u> 1,00

Примечание. Чт — чернозем типичный; Чв — чернозем выщелоченный; Чт* — чернозем типичный высококовскипающий; Чл — лугово-черноземная почва.

знаков (почвообразующие породы, растительность и др.). Индикационные таблицы позволяют выявить пропуски и недостатки в фактическом материале и спланировать дополнительный объем почвенных выработок. После проведения дополнительных работ составляют окончательный авторский оригинал почвенной карты и легенду к ней. Легенда карты включает список почвенных видов и разновидностей в составе ЭПС, почвообразующие породы, формы и элементы рельефа, площади занятые ЭПС.

Методика детального картографирования почв на ключевом участке

На ключевом участке проводят следующие работы:

1. Проведение нивелирной съемки и составление высотной основы (топографической карты) масштаба 1:500-1:2 000 с сечением горизонталей 10-20 см.
2. Проведение пикетажа (расстановка колышков через 10-15 или 20-25 м в зависимости от выраженности микрорельефа).
3. Заложение почвенных выработок (разрезы, полуразрезы, прикопки, буровые скважины). Вид почвенных выработок определяется их необходимостью для достижения максимального эффекта. Буровые скважины, наряду с экономией трудовых затрат, в минимальной степени нарушают естественный почвенный покров, что эффективно в тех случаях, когда необходимо его сохранение (опытные участки для различных целей).
4. Установление границ между ЭПА и получение информации о связях ЭПА с элементами и формами микрорельефа, поч-

вообразующими породами, урожайностью сельскохозяйственных культур, видом и состоянием естественных фитоценозов и др.

5. Проведение границ между ЭПС, которые корректируют по аэрофотоснимкам и крупномасштабным топографическим картам.

В ряде случаев при выполнении дипломных работ, проведении учебно-методической практики по почвоведению нивелирную съемку можно не проводить; точность границ достигается увеличением числа почвенных выработок и пикетажем. Почвенные выработки закладывают по элементам рельефа с привязкой к сети колышков. Число выработок на каждой категории микрорельефа в среднем должно составлять от 3 до 5 повторностей.

6.4.1. Задание 11. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова

1. Скопировать фрагмент топографической карты (рис. 6.44). Построить почвенно-геоморфологические профили по линиям А-В и С-Д, используя индексы названий почв.

Индексы и площади (%) ЭПА в составе почвенных комбинаций . ключевых участков фрагмента топографической карты (рис. 6.44)

№ точек на профиле и в «гнездах»	Индексы ЭПА и их площади, %
1) 20,21, 27, 28, 32	$\Pi_2^{Док у} \Phi_{100} / Мт(70)$
2) 18, 19, 21, 22, 31	$\Pi_2^{Док у сг} \Phi_{100} / Мт(30)$
3) 10, 11	$\Pi_2^{Док п сг} \Phi_{100} / Мт(50)$
4) 9, 12	$\Pi_1^{Кл} \Phi_{100} / Мт(50)$
5) 44, 46	$\Pi_2^{сг} Мт(50)$
6) 43, 45	$\Pi_3^A Мт(50)$
7) 17, 29, 30	$\Pi_1^{Док у сг} \Phi_{60} / Мтэ^1(30)$
8) 26, 40	$\Pi_1^{Док у} \Phi_{60} / Мтэ^2(40)$
9) 16, 25, 26, 41	$\Pi_1^{Док у} \Phi_{60} / Мтэ^3(30)$
10) 1, 2, 33, 35	$\Pi_1^{Док} Мтэ^3(40)$
11) 33, 34, 36, 49	$\Pi_1^{Док} Мтэ^2(60)$
12) 13, 23	$\Pi_1^{Док} Мтэ^1(50)$
13) 14, 24	$\Pi_1^{Док сг} Мтн^1(50)$
14) 16, 38, 39	$\Pi_1^{Док л} Дн^2(100)$
15) 37, 47, 48	$\Pi_1^{Док} Дн^2(100)$
16) 3, 15	Ал с Ас(50)
17) 4, 5	$A^A у Ау(50)$
18) 42	ОБК(100)

Расшифровка индексов приведена в табл. 6.6

2. Построить карту элементов рельефа на основе топографической карты, используя в качестве образца фрагмент карты форм и элементов рельефа (рис. 6.18) (Задание № 9).

3. Проанализировать связи ЭПС с формами, элементами рельефа и с почвообразующими породами.

4. Составить почвенную карту и легенду к ней, используя в качестве образца фрагмент почвенной карты (рис. 6.45) и фрагмент легенды (табл. 6.6).

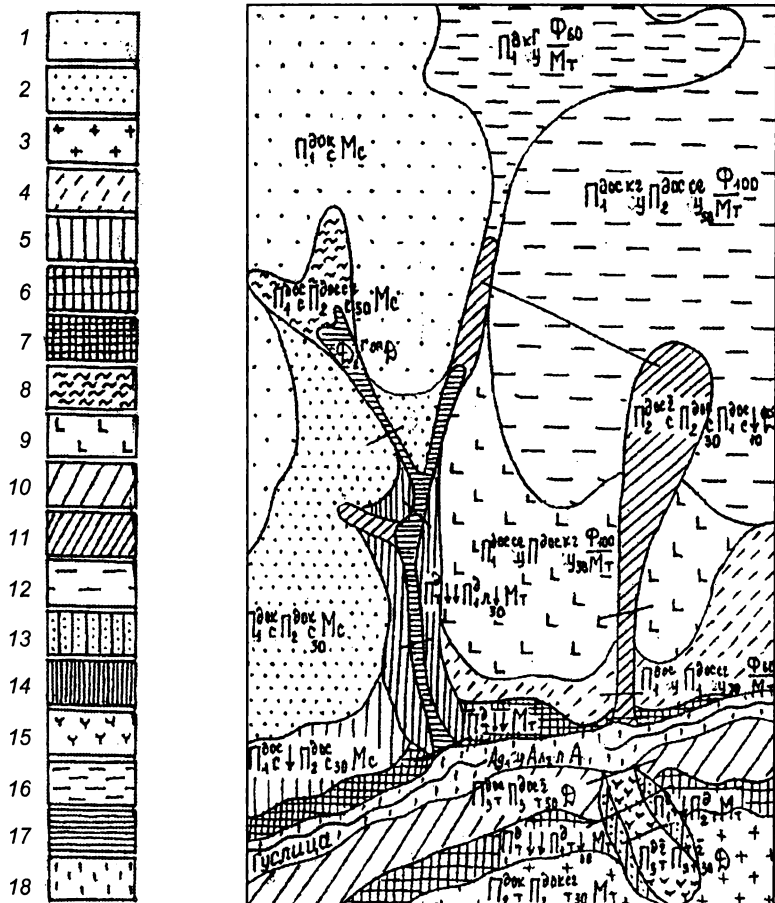


Рис. 6.45. Фрагмент почвенной карты (уменьшено с масштаба 1:10 000)

6.6. Условные обозначения почвенной карты

№	Индекс	Название почв и почвенных комбинаций	Почвообразующая порода	Условия залегания по рельефу	Площадь	
					га	% от общей
1	$P_{1}^{докс}СМс$	Дерново-слабоподзолистая окультуренная среднесуглинистая	Моренный средний суглинок	Холмистые водораздельные поверхности	62,4	10,4
2	$P_{1}^{докс}С.$ $P_{2}^{докс}С_{30}Мс$	Пятнистость дерново-слабо- и среднеподзолистых (30%) окультуренных среднесуглинистых почв	Моренный средний суглинок	Полгие приводораздельные склоны	58,8	9,8
3	$P_{2}^{доксТ}.$ $P_{2}^{докс}$ $σ_{Т}^{30}МТ$	Пятнистость дерново-среднеподзолистых окультуренных тяжелосуглинистых неоглеенных и слабоглееватых (30%) почв	Моренный тяжелый суглинок	Холмистые водораздельные поверхности	27,5	4,4
4	$P_{1}^{доксУ}.$ $P_{1}^{доксг}У_{30}$ $Φ_{60}/МТ$	Пятнистость дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных неоглеенных и слабооглеенных (30%) почв	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком с 60 см	Полгие склоны	30,6	5,1
5	$P_{1}^{докс}С.$ $P_{2}^{докс}С_{30}Мс$	Пятнистость дерново-слабоподзолистых слабосмытых и дерново-среднеподзолистых несмытых (30%) освоенных среднесуглинистых почв	Моренный средний суглинок	Полгие приводораздельные склоны	19,8	3,3
6	$P_{1}^{доксТэ2}.$ $P_{1}^{докс}$ $Тэ_{30}Мс$	Пятнистость дерново-подзолистых среднесмытых и дерново-слабоподзолистых слабосмытых (30%) освоенных тяжелосуглинистых почв	Моренный тяжелый суглинок	Покатые склоны холодных экспозиций	31,4	5,4
7	$P_{1}^{доксТэ2}МТ$	Дерново-подзолистая освоенная тяжелосуглинистая среднесмытая	Моренный тяжелый суглинок	Покатые склоны теплых экспозиций	25,2	4,2
8	$P_{1}^{доксг}У$ $P_{1}^{доксг}У_{30}$ $Φ_{100}/МТ$	Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактноглееватых (30%) почв	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком	Полгие приводораздельные склоны	15,6	2,6
9	$P_{1}^{докс}С$ $P_{2}^{доксг}$ $У_{50}Мс$	Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактноглееватых (50%) почв	Моренный средний суглинок	Привершенный водосбор	49,2	8,2

Продолжение таблицы 6.6

10	$\Pi_3^{\text{доСгТ}}_{\text{доСгТ}_{50}\text{Д}}$	Комплекс дерново-сильнопodzолистых освоенных тяжелосуглинистых неоглеенных и поверхностно-глееватых (50%) почв	Делювиальные отложения	Нижние выположенные части склонов	38,4	6,4
11	$\Pi_2^{\text{доСгЛ}}_{\text{доСгП}_{30}}_{\text{доСгЛЭ}_{1,10}\text{Д}}$	Комплекс дерново-среднеpodzолистых освоенных легкосуглинистых поверхностно-глееватых слабо-глееватых (30%) и слабосмытых (10%)	Делювиальные отложения	Ложбины	31,8	5,3
12	$\Pi_1^{\text{доСгУ}}_{\text{доСгУ}_{50}}_{\Phi_{100}/\text{МТ}}$	Комплекс дерново-слабоpodzолистых освоенных супесчаных контактно-глееватых и слабо-глееватых (50%) почв	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком	Плоская водораздельная поверхность	75,6	12,6
13	$\Pi_1^{\text{дТЭ}_1}_{\text{дТМТ}}$	Пятнистость дерново-слабоpodzолистых слабосмытых и дерново-среднеpodzолистых несмытых тяжелосуглинистых почв	Моренный тяжелый суглинок	Склоны лоцины	10,8	1,8
14	$\Pi_2^{\text{дТЭ}_2 \text{ х}}_{\text{дЛЭ}_{1,30}\text{МТ}}$	Комплекс-мозаика дерново-podzолистых среднесмытых тяжелосуглинистых и дерново-слабо-podzолистых слабосмытых легкосуглинистых (30%) почв	Моренный тяжелый суглинок	Склоны балки	28,8	4,8
15	$\Pi_3^{\text{бгТ}}_{\text{бгТД}}$	Комплекс дерново-глубокоpodzолистых глееватых и дерново-глубокоpodzолистых глеевых (30%) тяжелосуглинистых почв	Делювиальные отложения	Днище балки	16,8	2,8
16	$\Pi_1^{\text{доКУ}}_{\Phi_{60}/\text{МТ}}$	Дерново-слабоpodzолистая контактно-глееватая супесчаная	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком с 60 см	Крупная межводораздельная депрессия	26,4	4,4
17	$\text{Д}_T^r \text{ Д}$	Дерново-глеевые тяжелосуглинистые	Делювиальные отложения	Днище лоцины	21,6	3,6
18	Аду А АллА	Комплекс аллювиальных дерновых супесчаных и аллювиальных луговых легкосуглинистых почв	Современный аллювий	Пойма	29,4	4,9

7. Агропроизводственная группировка почв

Агропроизводственная группировка почв — это объединение почв, близких по генетическим, агроэкологическим условиям и агрономическим свойствам, в группы, характеризующиеся одинаковой возможностью сельскохозяйственного использования и однотипным характером мероприятий по улучшению свойств.

Официальной инструкцией по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования (1973) предусмотрено составление общей агропроизводственной группировки для всех культур, основные принципы которой рассмотрены в данном пособии.

Почвы, объединяемые в одну агрогруппу, должны иметь следующие, приблизительно одинаковые, показатели:

1) водно-воздушные, тепловые свойства и режимы, выявляемые на основе оценки гранулометрического состава, а также учета геоморфологических и гидрологических условий залегания почв;

2) питательный режим и уровень плодородия (содержание элементов питания, уровень гумусированности, реакция среды);

3) отношение почв к обработке (физико-механические свойства почв, сроки спелости, особенности углубления пахотного слоя и др.);

4) потребность в мелиорациях (степень заболоченности, уровень залегания грунтовых вод, степень засоления, реакция среды и др.);

5) содержание в почве вредных для растений веществ в токсичных концентрациях (тяжелые металлы, водорастворимые соли, радионуклиды и др.);

6) показатели степени эродированности;

7) баллы бонитета;

8) рельеф, в условиях которого залегают почвы;

9) степень однородности почвенных контуров, их величина, конфигурация, структура почвенного покрова (агрономически однородные и агрономически неоднородные совместимые ЭПА).

Фрагмент картограммы агропроизводственной группировки почв и легенда к ней приведены, соответственно, на рис. 7.1 и в табл. 7.1.

Для почв, объединенных в одну агрогруппу, планируется одинаковое их использование. Указывается пригодность почв дан-

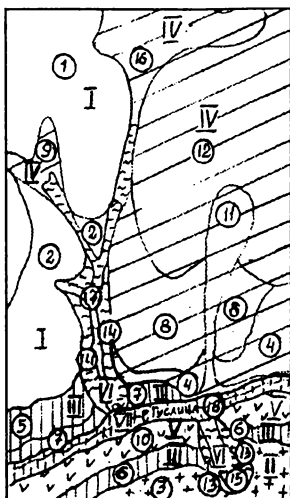


Рис. 7.1. Фрагмент картограммы агропроизводительной группировки почв (уменьшено с масштаба 1:10 000)

I-VII — номера агропроизводительных групп;
1-18 — номера почвенных разностей и почвенных комбинаций, входящих в соответствующие группы

7.1. Условные обозначения картограммы агропроизводительной группировки почв

№ агропроизводительной группы	Названия почв, входящих в агрогруппу, и их номера на почвенной карте	Свойства почв, лимитирующие урожай культур	Мероприятия по использованию
I	Дерново-слабоподзолистые окультуренные среднесуглинистые. Пятнистость дерново-слабо- и среднеподзолистых (30%) и окультуренных среднеподзолистых почв (1, 2).	Отсутствуют	Пригодны под все культуры с соответствующими технологиями возделывания
II	Пятнистость дерново-среднеподзолистых окультуренных тяжелосуглинистых неоглеенных и слабооглеенных (30%) почв (3).	Небольшой избыток влаги во влажные годы	Пригодны под все культуры. Во влажные годы - агротехнические мероприятия против переувлажнения
III	Пятнистость дерново-слабоподзолистых слабосмытых и дерново-среднеподзолистых несмытых (30%) освоенных среднесуглинистых почв. Пятнистость дерново-подзолистых среднесмытых и дерново-слабоподзолистых слабосмытых (30%) освоенных тяжелосуглинистых почв. Дерново-подзолистые освоенные тяжелосуглинистые среднесмытые (5, 6, 7).	Эродированность	Поконтурная обработка, почвозащитные севообороты

Продолжение таблицы 7.1

№ агропроизводственной группы	Названия почв, входящих в агрогруппу, и их номера на почвенной карте	Свойства почв, лимитирующие урожай культур	Мероприятия по использованию
IV	<p>Пятнистость дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных неоглеенных и слабоглееватых почв (30%). Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактно-глееватых (50%) почв. Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактно-глееватых почв (30%). Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных контактно-глееватых и слабоглееватых почв (50%). Дерново-слабоподзолистые освоенные контактно-глееватые супесчаные (4, 8, 9, 11, 12, 16). Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных легкосуглинистых поверхностно-глееватых, слабо-глееватых (30%) и слабосмытых (10%).</p>	Временное переувлажнение	Непригодны под плодовые, под остальные культуры - агротехнические мероприятия против переувлажнения
V	Комплекс дерново-сильноподзолистых освоенных тяжелосуглинистых неоглеенных и поверхностно-глееватых (50%) почв (10)	Временное переувлажнение	Непригодны для плодовых, овощных и картофеля, озимых зерновых. Под остальные культуры — агротехнические мероприятия по регулированию водно-воздушного режима
VI	<p>Пятнистость дерново-слабоподзолистых слабосмытых и дерново-среднеподзолистых несмытых тяжелосуглинистых почв. Комплекс-мозаика дерново-подзолистых среднесмытых тяжелосуглинистых и дерново-слабоподзолистых слабосмытых легкосуглинистых (30%) почв. Комплекс дерново-сильноподзолистых глееватых и дерново-подзолистых глееватых (30%) тяжелосуглинистых почв. Дерново-глеевые почвы (13, 14, 15, 17).</p>	Эродированность и избыточная влажность	Залужение
VII	Комплекс аллювиальных дерновых супесчаных и аллювиальных луговых легкосуглинистых почв (18).	Длительность поемного периода более 20 дн. Продолжительная поемность	Естественные сенокосы и пастбища

ной агрогруппы для тех или иных культур. Особое внимание уделяется свойствам почв, лимитирующим урожай культур. Для каждой агропроизводственной группы намечается комплекс мероприятий по преодолению факторов, ограничивающих урожайность сельскохозяйственных культур.

В почвенном очерке приводится полная характеристика агропроизводственных групп. Отмечается, почвы каких агропроизводственных групп данного землепользования относятся к лучшим, хорошим, средним, ниже среднего качества и к худшим по своим свойствам и плодородию, в соответствии с группировкой, принятой для почв области, края, республики. Обычно почвы первой агропроизводственной группы относятся к более высокому качественному рангу, а последующие — к более низким.

7.1. Задание 12. Агропроизводственная группировка почв

1. Скопировать почвенную карту из задания № 10 без горизонталей.

2. Разработать агропроизводственную группировку почв, используя имеющиеся сведения и диагностические показатели из части II.

3. Составить картограмму агропроизводственной группировки почв и легенду к ней используя в качестве образца фрагменты картограммы и легенды (рис. 7.1, табл. 7.1).

8. Бонитировка почв и экономическая оценка

Бонитировка почв — сравнительная оценка качества почв, их потенциального плодородия и производительной способности. Бонитет почв — показатель их качества, выраженный в баллах, по отношению к почве с наиболее высоким потенциальным плодородием, балл которой принимается, обычно, равным 100%. Материалы бонитировки используются в земельном кадастре, при экономической оценке земель, составлении бизнес-планов производства сельскохозяйственной продукции, при агропроизводственной группировке почв и др.

Бонитировку почв проводят по свойствам, коррелирующим с урожайностью сельскохозяйственных культур. В разных природных зонах эти свойства различны (реакция среды, карбонатность, эродированность и др.), поэтому в России большое распространение получили региональные группировки. К их числу относится метод Н.Л. Благовидова, разработанный для Ленинградской и прилегающих к ней областей, который представлен в данном пособии.

В Почвенном институте им. В.В. Докучаева разработаны общероссийские бонитировочные шкалы почв. При проведении бонитировки учитывались не только свойства почв, но и климатические показатели: сумма температур за вегетационный период, коэффициент увлажнения по Высоцкому-Иванову и коэффициент континентальности климата. С климатическими показателями тесно связаны водный, воздушный и тепловой режимы почв. Они также оказывают большое непосредственное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

8.1. Метод Н.Л. Благовидова.

В качестве критериев оценки Н.Л. Благовидов использовал следующие показатели свойств почв:

- свойства почвообразующих пород с выделением бескарбонатных пород и двучленных наносов;
- гранулометрический состав почв с выделением всех разновидностей от песчаных и супесчаных до тяжелосуглинистых;
- содержание гумуса (в трех градациях) с учетом гранулометрического состава почв;

8.1. Оценочная таблица для дерново-подзолистых почв нормального увлажнения и с признаками оглеения (по Н.Л. Благовидову)

Мощность $A_{\text{пах}}$ см	Материнская порода	Подпахотные горизонты	Гранулометрический состав, гумус (%)											
			pH_{KCl}											
			< 4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	> 6,5	< 4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	> 6,5	4,5-5,5	5,6-6,5	> 6,5	
легкосуглинистые														
			< 2,0				2,0-2,9				> 3,0			
> 24	Ск	A_2 или В	-	58-60	64-68	70-72	-	70-74	78-84	86-88	-	94-96	98-100	
	С	A_2 или В	42-44	46-50	56-60	62-64	54-56	60-66	72-76	78-80	78-82	86-90	92-94	
	С	A_2g или Вg	26-28	32-34	38-42	44-46	33-38	38-42	48-52	54-56	52-54	62-66	68-70	
среднесуглинистые														
> 24	Ск	A_2 или В	-	54-56	62-66	68-70	-	68-72	74-78	82-86	-	90-94	96-100	
	С	A_2 или В	40-42	44-48	54-60	62-64	50-54	56-60	66-74	76-80	74-76	82-86	90-94	
	С	A_2g или Вg	24-26	30-32	36-40	42-44	32-34	36-40	46-50	52-54	52-54	60-64	66-70	
тяжелосуглинистые														
			< 2,5				2,5-3,5				> 3,5			
18-22	С	A'_2	22-26	28-32	38-44	-	36-38	42-44	50-56	58-60	60-64	66-70	74-78	
> 22	Ск	A_2 или В	-	50-52	58-64	66-70	-	64-66	72-76	80-84	-	88-92	94-96	
	С	A_2 или В	38-40	42-44	50-56	58-60	48-52	54-58	64-70	74-78	72-74	80-84	86-90	
	С	A_2g или Вg	22-24	28-30	34-38	40-42	30-32	34-36	42-48	50-54	48-52	58-62	64-66	
песчаные и супесчаные														
			< 1,5				1,5-2,5				> 2,5			
22-26	С	A_2 или В	14-16	20-24	28-30	-	26-30	32-36	40-44	-	46-50	54-56	56	
> 26	С	A'_2	12-14	16-20	24-26	-	22-26	28-32	36-40	-	42-46	50-52	52	
	Ск	A_2 или В	-	30-34	38-42	-	-	-	50-54	-	-	64-68	-	
	С	A_2 или В	-	26-30	34-36	-	-	38-42	46-48	-	52-56	60-64	-	

A_2 — мощность подзолистого горизонта < 10 см,

A'_2 — мощность подзолистого горизонта > 10 см.

- реакцию среды (pH_{KCl}) в четырех градациях, оценка которых неодинакова в зависимости от гранулометрического состава и содержания гумуса;
- мощность пахотного слоя в трех градациях (меньше 20 см, 20-24 см, больше 24 см) с учетом гранулометрического состава;
- строение почвенного профиля с учетом степени выраженности подзолистого горизонта и интенсивности процессов оглеения.

В таблице 8.1 представлены оценочные таблицы в сокращенном виде. Степень каменистости учитывается введением поправки (табл. 8.2)

При оценке земель Н.Л. Благовидов, кроме балла по свойствам почв, учитывал рельеф участка, микрорельеф, размер производственных участков пашни и др.

При переводе балльной оценки в класс бонитета пользуются шкалой (табл. 8.3).

8.2. Поправка бонитировочного балла на каменистость

Степень каменистости	Количество камней ($m^3/га$)	Поправочный коэффициент
Очень сильная	более 150	0,5
Сильная	60-100	0,7
Умеренная	30-60	0,8
Слабая	до 30	0,9

8.3. Шкала оценки почв по Н.Л. Благовидову

Класс бонитета	Балл бонитета	Качественная характеристика почв
X	91-100	Лучшие
IX	81-90	
VIII	71-80	
VII	61-70	Средние
VI	51-60	
V	41-50	
IV	31-40	Худшие
III	21-30	
II	11-20	
I	1-10	Практически в земледелии не используются

8.1.1. Задание 13. Бонитировка почв по методу Н.Л. Благовидова

Пользуясь данными, приведенными в таблице 8.4 и 8.1, найти оценочный балл каждой почвы.

8.4. Материалы для бонитировки пахотных почв фермерского хозяйства “Поляны” Тверской области

№	Индекс почвы	Мощность A _{пах} , см	Подпахотный горизонт	Гумус, %	pH _{KCl}
1	П ₁ ^а сМ	0-24	A ₂	2,4	4,8
2	П ₂ ^а лМ	0-27	B	1,7	5,4
3	П ₁ ^а тМк	0-23	B	3,2	6,7
4	П ₂ ^а уФ/М	0-25	A ₂ '	2,2	5,4
5	П ₁ ^а лМ	0-27	A ₂	3,5	5,8
6	П ₁ ^а сМк	0-25	B	4,3	5,8
7	П ₁ ^а г ₁ М	0-23	A ₂ g	2,7	4,9
8	П ₂ ^а уФ	0-26	A ₂	2,7	5,0
9	П ₂ ^а ор ₁ тМ	0-22	A ₂ g	3,4	4,8
10	П ₁ ^а сМ	0-27	B	3,9	5,7
11	П ₂ ^а сМ	0-26	A ₂ '	2,4	5,4
12	П ₁ ^а сМ	0-28	A ₂	3,8	5,8
13	П ₂ ^а сМ	0-24	A ₂ g	2,2	4,8
14	П ₁ ^а сМк	0-25	B	3,4	5,5
15	П ₁ ^а лМ	0-28	A ₂	2,5	5,1

Обозначения в индексах:

М — моренные суглинки;

Мк — моренные карбонатные суглинки;

Ф — флювиогляциальные отложения;

у — супесчаные;

л — легкосуглинистые;

с — среднесуглинистые;

т — тяжелосуглинистые;

г₁ — глееватые.

8.2. Бонитировка почв по методу И.И. Карманова

И.И. Карманов разработал формулы для расчета баллов бонитета почв России, используемых без орошения и с орошением.

Формулы расчета баллов бонитета почв зонального ряда для различных культур по И.И. Карманову

Без орошения	С орошением
Для зерновых культур (без кукурузы на зерно)	
$B_z = 8,2 \cdot V \cdot \frac{\sum t > 10^\circ \cdot КУ}{KK + 70}$	$B_{зор} = 8,2 \cdot V \cdot \frac{\sum t > 10}{KK + 70}$
Для сахарной свеклы	
$B_c = 4,3 \cdot V_1 \cdot \frac{(\sum t > 10^\circ + 2000^\circ) \cdot (КУ - 0,2)}{KK}$	$B_{сор} = 4,3 \cdot V_1 \cdot \frac{0,8(\sum t > 10^\circ + 2000^\circ)}{KK}$
Для кукурузы на зерно	
$B_k = 5,7V \cdot \frac{\sum t > 10^\circ \cdot КУ}{KK}$	$B_{кор} = 5,7V \cdot \frac{1,2 \sum t > 10^\circ}{KK}$
Для многолетних трав	
$B_m = 5,9 \cdot V_2 \cdot \frac{(\sum t > 10^\circ + 2000^\circ) \cdot (КУ - 0,1)}{KK + 100}$	$B_{мор} = 5,9 \cdot V_2 \cdot \frac{1,15(\sum t > 10^\circ + 2000^\circ)}{KK + 100}$
Для однолетних трав	
$B_o = 6,8 \cdot V_2 \cdot \frac{(\sum t > 10^\circ + 1000^\circ) \cdot КУ}{KK + 100}$	$B_{оор} = 6,8 \cdot V_2 \cdot \frac{1,15(\sum t > 10^\circ + 1000^\circ)}{KK + 100}$

B — балл бонитета; V — суммарный показатель свойств почв (табл. 8.5); в формуле для сахарной свеклы $V_1 = \frac{4V - 1}{3}$; для трав $V_2 = \frac{V + 1}{2}$; $\sum t > 10^\circ$ — среднемесячная сумма активных температур (для зерновых колосовых культур и сахарной свеклы эти суммы, превышающие 3500° , берутся равными 3500° , для кукурузы на зерно суммы, превышающие 4400° , берутся равными 4400°); $КУ$ — коэффициент увлажнения (для зерновых культур и сахарной свеклы величины $КУ$, превышающие $0,9$, принимают равными $0,9$; для культуры на зерно и трав величины $КУ$, превышающие $1,0$, принимают равными $1,0$); KK — коэффициент континентальности климата.

Величина KK рассчитывается по формуле:

$$KK = \frac{360 \cdot (t_{\max}^\circ - t_{\min}^\circ)}{\varphi + 10},$$

где t_{\max}° и t_{\min}° — среднемесячные температуры самого теплого и самого холодного месяца; φ — широта местности.

8.5. Расчетные величины суммарного показателя свойств почв (V) по И.И. Карманову

Почвы	V	Почвы	V
Подзолы и подзолистые	0,67	Лугово-черноземные	
Дерново-подзолистые	0,73	лесостепной зоны	0,92
Бурые лесные	0,81	степной зоны	0,96
Светло-серые лесные	0,78	Темно-каштановые	0,86
Серые лесные	0,81	Каштановые	0,81
Темно-серые лесные	0,86	Светло-каштановые	0,78
Черноземы		Лугово-каштановые	0,90
оподзоленные	0,92	Коричневые	0,85
выщелоченные	0,96	Серо-коричневые	0,88
типичные	1,00	Сероземы	0,90
обыкновенные	0,96	Лугово-сероземные	0,85
жужные	0,92	Дерново-карбонатные:	
		типичные	0,92
		выщелоченные	0,90

При расчете по данным формулам за 100 баллов бонитета по зерновым культурам и кукурузе на зерно приняты показатели, соответствующие сверхмощным черноземам центральной части Краснодарского края.

В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке сельскохозяйственные растения требуют для созревания примерно на 200°С меньших сумм температур. Поэтому для территорий к востоку от Енисея к фактическим суммам температур выше 10° при расчетах по формулам следует прибавлять 200, а для Красноярского края западнее Енисея — 100.

Формулы расчетов баллов бонитета дают возможность рассчитать эти баллы для зональных типов почв. Для оценки внутризональных почв отдельных землепользований вводятся поправочные коэффициенты на гранулометрический состав, оглеение, солонцеватость, эродированность и др. (таблицы 8.6-8.8).

В таблице 8.9 приведены усредненные величины содержания гумуса в различных экономических районах России. Для почв, у которых содержание гумуса существенно отличается от средних значений (для данной почвенной разности в условиях конкретного региона), вводятся поправочные коэффициенты. Если содержание гумуса превышает средние значения более чем на 20%, вводится коэффициент 1,1; при превышении средних значений на 10-20% — коэффициент 1,05. Для почв, у которых содержание гумуса ниже средних значений на 10-20%, вводится коэффициент 0,95; если оно ниже более чем на 20% — коэффициент 0,9.

**8.6. Поправочные коэффициенты на гранулометрический состав для дерново-подзолистых почв
(усредненные), по И.И. Карманову и А.И. Саталкину**

Культуры	Глина легкая	Тяжелый суглинок	Средний суглинок	Легкий суглинок	Супесь		Песок	
					1	2	1	2
Озимые зерновые								
пшеница	0,75	0,85	1,0	1,0	0,76	0,69	0,58	0,40
рожь	0,65	0,86	0,98	1,0	0,82	0,76	0,68	0,56
Яровые зерновые								
ячмень	0,75	0,90	1,0	1,0	0,75	0,60	0,55	0,40
пшеница	0,70	0,87	1,0	1,0	0,74	0,53	0,50	0,38
овес	0,70	0,88	1,0	1,0	0,72	0,51	0,48	0,36
Силосные								
кукуруза + подсолнечник	0,80	0,92	0,97	1,0	0,89	0,82	0,73	0,64
Однолетние травы								
вико-овсяная смесь	0,80	0,95	1,0	1,0	0,81	0,70	0,62	0,50
Многолетние травы								
клевер 1 года	0,90	0,98	1,0	1,0	0,88	0,73	0,65	0,56
клевер 2 и 3 года	0,90	0,98	1,0	1,0	0,87	0,68	0,49	0,35
злаковые (ежа сборная, тимофеевка, овсяница и др.)	0,88	0,94	1,0	0,98	0,87	0,79	0,78	0,58
Картофель	-	0,85	0,95	1,0	0,90	0,85	0,72	0,65

Примечание. 1 — подстиление суглинком с глубины 60-100 см; 2 — подстиление песчаными породами.

8.7. Поправочные коэффициенты на гранулометрический состав для серых лесных почв, черноземов и каштановых почв (усредненные), по И.И. Карманову

Почва	Культуры	Глина легкая	Тяжелый суглинок	Средний суглинок	Легкий суглинок	Супесь	Песок
Светло-серая лесная	Зерновые (кроме ржи)	0,85	1,0	0,98	0,92	0,68	0,45
	Рожь	0,70	0,88	1,0	0,98	0,78	0,55
	Картофель	-	0,88	0,98	1,0	0,82	0,62
Серая и темно-серая лесная	Зерновые (кроме ржи)	0,95	1,0	0,97	0,90	0,65	0,40
	Рожь	0,75	0,90	1,0	0,95	0,75	0,50
	Картофель	-	0,90	1,0	1,0	0,80	0,60
Чернозем оподзоленный	Зерновые	0,97	1,0	0,95	0,88	0,60	-
Чернозем выщелоченный и типичный	Зерновые	0,98	1,0	0,93	0,87	0,57	-
Чернозем обыкновенный	Зерновые	0,97	1,0	0,93	0,88	0,60	-
Чернозем южный	Зерновые	0,95	1,0	0,95	0,90	0,62	-
Каштановая	Зерновые	0,85	1,0	0,97	0,92	0,67	0,42

8.8. Поправочные коэффициенты при расчете баллов бонитета почв по методу И.И. Карманова

Почвы	Дерново-подзолистые и серые лесные	Черноземы		Каштановые
		оподзоленные, выщелоченные и типичные	обыкновенные и южные	

На степень смывости

Несмытые	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабосмытые	0,82	0,85	0,82	0,80
Среднесмытые	0,67	0,70	0,67	0,62
Сильносмытые	0,45	0,48	0,45	0,42

На степень гидроморфизма

Слабogleеватые	0,8-1,0	0,9-1,0	1,1-1,2	1,3-1,4
Глееватые	0,7-1,0	-	-	-

На степень солонцеватости

Слабосолонцеватые	-	-	0,85	0,82
Среднесолонцеватые	-	-	0,70	0,68
Сильносолонцеватые	-	-	0,55	0,52

8.9. Усредненные величины содержания гумуса, %, в A_{max} в различных экономических районах России, по И.И. Карманову и Д.С. Булгакову

Почвы	Северо-Западный	Центральный, Центрально-Черноземный	Волго-Вятский	Поволжский (Правобережье)	Поволжский (Левобережье)	Северо-Кавказский	Западно-Сибирский	Восточно-Сибирский
Дерново-подзолистые:								
тяжелосуглинистые и глинистые	2,1	2,2	2,5	-	-	-	2,8	-
легко- и среднесуглинистые	1,8	1,9	2,0	-	-	-	2,3	-
супесчаные	1,3	1,4	1,6	-	-	-	1,7	-
песчаные	0,8	0,9	1,0	-	-	-	1,1	-
Светло-серые лесные:								
тяжелосуглинистые и глинистые	2,6	3,0	3,2	3,6	-	4,0	4,8	
средне- и легкосуглинистые		2,3	2,6	2,7	3,1	-	3,4	4,1
Серые лесные:								
тяжелосуглинистые и глинистые		3,5	4,0	4,2	4,6	-	5,0	6,0
легко- и среднесуглинистые		3,0	3,5	3,7	4,0	-	4,3	5,3
Темно-серые лесные:								
тяжелосуглинистые и глинистые	4,5	5,2	5,4	6,0	-	6,0	7,0	
легко- и среднесуглинистые		3,8	4,4	4,6	5,2	-	5,2	6,2
Черноземы оподзоленные и выщелоченные:								
тяжелосуглинистые и глинистые		6,0	7,0	7,2	8,0	-	7,0	7,5
среднесуглинистые		5,3	6,2	6,4	6,8	-	6,0	6,5

Орошение, наряду со значительным улучшением обеспечения почв влагой, оказывает некоторые негативные воздействия на свойства почв, которые на разных почвах проявляются в разной степени. Для учета негативных воздействий орошения вводят следующие поправочные коэффициенты, на которые умножается балл бонитета: для глинистых слабооструктуренных почв — 0,85; для глинистых оструктуренных и тяжелосуглинистых — 0,88; для среднесуглинистых — 0,92; легкосуглинистых — 0,94; супесчаных — 0,97; песчаных — 1,0.

Названные коэффициенты введены для условий рационального использования орошаемых почв, при котором не происходит резких отрицательных изменений свойств, таких как вторичное засоление, слитообразование и др. В Восточной Сибири в связи с низкими температурами почв для условий орошения вводится дополнительный понижающий коэффициент 0,90; для мерзлотных почв Дальнего Востока — 0,85.

Полученные вышеописанным методом баллы бонитета для отдельных почв используют для расчета средних баллов бонитета отдельных участков, хозяйств в целом, административных районов, краев, областей, республик по следующей формуле:

$$B_T = \frac{B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n}{100},$$

где B_T — средний балл территории; B_1, B_2, \dots, B_n — баллы бонитетов различных почв; X_1, X_2, \dots, X_n — площади соответствующих почв обследуемой территории в % от общей площади территории.

8.2.1. Задание 14. Бонитировка почв по методу

И.И. Карманова

1. Пользуясь данными таблицы 8.10, рассчитать баллы бонитета почв для зерновых культур, кукурузы на зерно, сахарной свеклы, многолетних и однолетних трав без орошения и при орошении.

8.10. Материалы для бонитировки и определения цены почв по методу И.И. Карманова

№, почва, уклон°	Область	$\sum t > 10^\circ$	КУ	КК	Гумус, %	Средневзвешенная плотность в слое 0-100, г/см ³
1. Дерново-подзолистая среднесуглинистая, среднесмытая (3-5°)	Московская	2000	1,1	157	2,0	1,3
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, сильносмытая (5,5°)	Новгородская	1775	1,1	140	1,5	1,3
3. Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, глееватая (< 1°)	Смоленская	2100	1,1	135	2,8	1,4
4. Серая лесная среднесуглинистая, среднесмытая (3-5°)	Тульская	2150	1,1	155	2,8	1,3
5. Серая лесная тяжелосуглинистая (<1)	Орловская	2200	1,0	160	2,8	1,2
6. Чернозем оподзоленный среднесуглинистый, слабосмытый (1-3°)	Курская	2350	0,9	160	3,8	1,2
7. Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, среднесмытый (3-5°)	Куйбышевская	2400	0,8	188	4,5	1,2
8. Чернозем типичный среднесуглинистый, слабосмытый (1-3°)	Белгородская	2500	0,8	185	5,4	1,2
9. Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, слабосолонцеватый (< 1°)	Воронежская	2700	0,7	175	5,3	1,2
10. Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, слабосолонцеватый (1-3°)	Алтайский край	2250	0,7	200	4,8	1,2

Продолжение таблицы 8.10

№, почва, уклон°	Область	$\sum t > 10^\circ$	КУ	КК	Гумус, %	Средневзвешенная плотность в слое 0-100, г/см ³
11. Чернозем южный среднесуглинистый, слабосолонцеватый (< 1°)	Ростовская	2800	0,6	190	3,5	1,2
12. Чернозем типичный тяжелосуглинистый (<1°)	Краснодарский край	3500	0,8	162	7,0	1,2
13. Каштановая среднесуглинистая, слабосолонцеватая (<1°)	Волгоградская	3000	0,45	200	3,0	1,3
14. Каштановая тяжелосуглинистая сильносолонцеватая (< 1°)	Карагандинская	2450	0,40	200	3,0	1,4
15. Дерново-подзолистая легкосуглинистая (<1°)	Томская	1600	1,1	200	3,0	1,3
16. Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый (<1°)	Омская	2050	0,8	200	6,0	1,3

8.3. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических индексов, по И.И. Карманову

Почвенно-экологические индексы позволяют оценить совокупность почвенно-экологических условий любых угодий. Они рассчитываются по формуле:

$$ПЭ_n = 12,5 \cdot (2 - p) \cdot n \cdot \frac{\sum t > 10^\circ \cdot (КУ - 0,05)}{КК + 100},$$

где $ПЭ_n$ — почвенно-экологический индекс; p — средневзвешенная плотность метрового слоя почвы; n — полезный (безбалластный) объем почвы; прочие показатели те же, что и в формулах для расчетов баллов бонитета для отдельных культур.

При расчете по этой формуле за 100 принят почвенно-экологический индекс для черноземов типичных Краснодарского края ($p = 1,2$; $n = 1,00$; $\sum t > 10^\circ = 3500$; $КУ = 0,8$; $КК = 162$).

Дополнительно вводятся поправки на содержание гумуса, подвижных форм питательных веществ, степень кислотности почв. Учитываются также крутизна и экспозиция склона. Для орошаемых почв $КУ$ принимается равным 1,1. Совокупность климатических показателей в формуле характеризует сельскохозяйственную продуктивность климата в баллах:

$$Б_{кл} = \frac{\sum t > 10^\circ \cdot (КУ - 0,05)}{КК + 100}.$$

За 100 баллов принята сельскохозяйственная продуктивность климата центральной части Краснодарского края.

8.4. Определение цены почвы на основе почвенно-экологических индексов по методу Почвенного института им. В.В. Докучаева (Л.Л. Шишов, И.И. Карманов, Д.Н. Дурманов, 1987).

Введение цен на почву должно служить сохранению, повышению и восстановлению плодородия почв, ограничению отводов ценных земель для несельскохозяйственных целей, проведению эффективной налоговой политики.

Цена почвы определяется потенциальным плодородием, которое характеризуется путем расчета почвенно-экологических индексов. Кроме того цена почвы зависит от совокупности местных

условий, прежде всего рельефа, а также от местоположения участка. В таблицах 8.11, 8.12 приведены поправочные коэффициенты на особенности территории и местоположение участка. Чтобы перейти от почвенно-экологических индексов и поправочных коэффициентов к цене почв в денежном выражении, определяется цена единицы почвенно-экологического индекса (в рублях на 1 га почвы). По мнению авторов методики, цена единицы почвенно-экологического индекса должна быть такой, чтобы полученная в результате ее применения цена 1 га почвы была соизмеримой со стоимостью продукции, которую может дать почва за достаточно длительный срок. Таким образом, цена единицы почвенно-экологического индекса устанавливается экспертным способом. Авторы методики в 1987 г. применили цену единицы почвенно-экологического индекса в 70 руб. на 1 га пашни. Цена 1 га почвы, по расчетам авторов, в различных обследованных авторами регионах России колебалась от 4600 рублей в Новгородской и в Волгоградской областях до 25600 рублей в Краснодарском крае.

8.11. Поправочные коэффициенты на особенности территории

Почвенные зоны (подзоны)	Плоские, волнистые, увалистые равнины	Расчлененные территории на равнинах, горные территории	Уклон поверхности, град.	Поправка на уклон поверхности
Подзона обыкновенных черноземов и все более аридные почвенные зоны и подзоны	1,25	1,05	До 1	1,02
			1-3	1,00
			3-5	0,97
Подзона типичных черноземов	1,20	1,00	5-7	0,93
Подзона выщелоченных и оподзоленных черноземов	1,15	0,97	7-10	0,88
Подзона темно-серых лесных почв	1,08	0,94	10-15	0,80
Подзона серых и светло-серых лесных почв	1,00	0,88	15-25	0,70
Зона дерново-подзолистых почв и более северные почвенные зоны, зона бурых лесных почв, влажные субтропики	0,90	0,80	25-45	0,60

8.12. Ориентировочные коэффициенты на местоположение

1,0	отдаленные, очень слабозаселенные территории, труднодоступные горные местности; почвы используются под пастбища (или не используются в сельском хозяйстве)
1,5	отдаленные, слабозаселенные территории с разобщенными участками пашни, отдельные участки пашни в горах
2,0	территории сухой степи и лесной зоны с примерно средней (для условий этих зон в пределах страны) степенью их распаханности и заселенности; территории восточных регионов лесостепной и степной зон
2,5	территории центральных регионов лесостепной и степной зон; наиболее интенсивно освоенных западных регионов лесной зоны
3,0	территории интенсивно освоенных западных и предкавказских регионов лесостепи; наиболее интенсивно освоенных западных регионов степной зоны
4,0-4,5	интенсивно освоенные орошаемые территории южных областей страны
6,0	высокоинтенсивно освоенные территории влажных субтропиков

8.4.1. Задание 15. Определение цены почвы по методу Почвенного института им. В.В. Докучаева.

Пользуясь данными табл. 8.10 и вышеизложенной методикой, рассчитать цену 1 га почвы, условно принимая стоимость единицы почвенно-экологического индекса 2000 рублей. Поправки на общие условия рельефа берутся в соответствии с графой “Плоские, волнистые, увалистые равнины” (табл. 8.11). Коэффициент на местоположение выбирается, исходя из характеристик, приведенных в таблице 8.12.

9. Агроэкологическая типизация земель

(по В.И. Кирюшину)

Агроэкологическая типизация земель является основой для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В основу типизации положен агроэкологический тип земель — “территория однородная по условиям возделывания сельскохозяйственной культуры или близких по экологическим требованиям культур”. В качестве первичного структурного элемента для выделения типов В.И. Кирюшин предложил “элементарный ареал агроландшафта” (ЭАА), под которым понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный ЭПА или ЭПС, при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях. Типизация земель проводится с учетом лимитирующих факторов.

Лимитирующие факторы возделывания сельскохозяйственных культур разделяются на четыре группы: управляемые (обеспеченность почв элементами минерального питания); регулируемые (реакция среды, окислительно-восстановительное состояние, содержание обменного натрия, засоление, мощность пахотного слоя и др.); *ограниченно регулируемые* (неоднородность почвенного покрова, связанная с микрорельефом, сложение, структурное состояние, водный и тепловой режимы, содержание гумуса и др.); *нерегулируемые* (гранулометрический состав, глубина залегания коренных пород, рельеф, погодные условия и др.).

В соответствии с характером лимитирующих факторов и набором мероприятий по их преодолению типы земель ранжируются по шести категориям.

I категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов.

II категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными мероприятиями. Они делятся на две группы:

1) с ограничениями, преодолеваемыми простыми агротехническими и мелиоративными мероприятиями (известкование, углубление пахотного слоя, уборка камней и др.);

2) с ограничениями, преодолеваемыми с помощью агротехнических мелиораций и противоэрозионных мероприятий (почвозащитные системы земледелия, глубокое рыхление и др.).

III категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднетратными гидротехническими, химическими, лесомелиоративными и комплексными мелиорациями. Они делятся на три группы:

1) переувлажненные земли, которые могут быть улучшены простыми дренажными системами;

2) земли, требующие затратных агротехнических, химических, комбинированных мелиораций (мелиоративные обработки и химические мелиорации);

3) земли, требующие противоэрозионных, гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий при контурной организации территории.

IV категория. Земли, малоприспособленные для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие неустранимых ограничений по условиям литологии почвообразующих пород (маломощные почвы с близким залеганием коренных пород).

V категория. Земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиораций (болотные, солончаки, такыры и др.)

VI категория. Земли, непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур из-за неустранимых ограничений и очень низких возможностей адаптации. Эти земли предполагается классифицировать далее по условиям использования под пастбища, лесные угодья и для других целей.

9.1. Формирование агроэкологических типов земель

Типы земель формируются путем объединения ЭАА, отвечающих требованиям возделывания определенной культуры или группы культур. Для этого агроэкологические требования культур сопоставляют с характеристиками ЭАА (микроклимат, рельеф, грунтовые воды, свойства почв и др.). При соответствии требований культур и характеристик ЭАА его относят к первой категории земель (не имеющих экологических ограничений, за исключением управляемых факторов). Если ЭАА не удовлетворяет культуры по каким-то показателям, то его относят к соответствующим последующим категориям. В первую очередь выделяют агроэкологические типы земель для наиболее требовательных к почвенно-экологическим условиям культур (плодовые, овощные, виноградники и др.), затем для севооборотов с наиболее требовательными поле-

выми культурами (сахарная свекла, кукуруза, картофель и др.), далее по возрастающей устойчивости к лимитирующим факторам для севооборотов с менее требовательными культурами, многолетних трав, сенокосов и пастбищ. При этом учитывается уровень интенсификации производства и предусматривается предотвращение процессов деградации агроландшафтов.

9.1.1. Задание 16. Агроэкологическая типизация земель по В.И. Кирюшину

В таблице 9.1 представлен пример типизации земель хозяйства таежно-лесной зоны.

1. Привести морфологические и аналитические диагностические признаки почв, объединенных в типы земель.

2. Составить таблицу лимитирующих факторов и перечислить конкретные ограничения пригодности для использования каждого типа и категории земель.

3. Перечислить конкретные способы преодоления ограничений пригодности для использования по каждому типу и категориям земель.

9.1. Экспликация агроэкологических типов земель хозяйства таежно-лесной зоны (по В.И. Кирюшину, 2000)

Агроэкологические группы земель	Агроэкологические типы земель	Категории	Возможности использования
1	2	3	4
Зональные	1. Дерново-подзолистые среднесуглинистые высококультуренные почвы на покровных отложениях на водораздельной равнине с уклонами 1-2°	I	Целесообразно использовать для возделывания наиболее требовательных овощных культур
	2. То же – окультуренные	I	Пригодны для возделывания наиболее требовательных полевых культур (корнеплоды, кукуруза, озимая пшеница и др.) без особых ограничений
	3. Пятнистости дерново-слабоподзолистых и дерново-среднеподзолистых супесчаных освоенных почв, подстилаемых суглинками с глубины 1 м, на равнине с уклонами 1-2°	II-1	Целесообразно использовать для возделывания картофеля, озимой ржи, кормового люпина на фоне мероприятий по окультуриванию

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3	4
Эрозийные	1. Пятнистости дерново-слабоподзолистых и дерново-среднеподзолистых и слабосмытых среднесуглинистых освоенных почв на покровных суглинках на волнистой равнине с уклонами до 3°	II-2	Предпочтительны для возделывания зерновых и зернобобовых культур с соблюдением простейшей противоэрозионной агротехники
	2. Дерново-слабосмытые и среднеподзолистые среднесуглинистые освоенные почвы в комплексах со слабо- и среднесмытыми — 20-50% и слабоглееватыми — до 10% на покровных суглинках на волнисто-увалистых равнинах с уклонами до 7°	II-2	Целесообразно возделывание зерновых и зернобобовых культур в травопольных севооборотах в системе противоэрозионных мероприятий. Исключается возделывание пропашных культур.
	3. Дерново-подзолистые суглинистые средне- и сильносмытые в комплексе со слабоглееватыми и глееватыми — 20-30% на холмисто-увалистых равнинах с уклонами до 7°	III-3	Возможно возделывание зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав в почвозащитных севооборотах в системе контурно-мелиоративного земледелия.
	4. Мозаики дерново-подзолистых среднесуглинистых и песчаных почв слабо- и среднесмытых на ледниковых двучленных отложениях на волнисто-холмистой равнине	IV	Возможно использование в качестве сенокосов и пастбищ
Полугидроморфно-зональные	1. Дерново-подзолистые среднесуглинистые в комплексе со слабоглееватыми и глееватыми до 50%, в том числе глееватыми до 10% на слабо дренированной равнине. 2. Дерново-подзолистые тяжелосуглинистые в комплексах с глееватыми до 30%, глеевыми до 10% и слабоглееватыми	II-1 III-1	Возможно возделывание яровых зерновых, зернобобовых культур, однолетних и многолетних трав Можно использовать как сенокосы. Для более интенсивного освоения необходимо осушение
Полугидроморфно-эрозийные	Комплексы дерново-подзолистых тяжелосуглинистых, дерново-подзолистых слабо- и среднесмытых с участием слабоглееватых и глееватых почв до 40%, в т. ч. глееватых до 20% и намывных до 10% на морене (холмистая равнина)	IV	Возможно использование как сенокосов и пастбищ
Полугидроморфные	Дерново-подзолистые средне-, тяжелосуглинистые глееватые и глеевые на покровных отложениях пологих понижений	III-1	Используются как сенокосы. Более интенсивное использование возможно при осушении

Примечание: Категории агроэкологических типов земель устанавливаются по характеру природных ограничений пригодности для использования и способу их преодоления в соответствии с группировкой.

Методические рекомендации к выполнению стандартной курсовой работы по почвоведению для студентов агрономических специальностей по теме: «Почвенно-экологические условия выращивания (название культуры, хозяйства, района, области)».

Курсовая работа полностью выполняется по литературным материалам с возможным привлечением материалов почвенных обследований хозяйств. Работа включает следующие разделы.

Введение. Кратко излагаются цели и задачи курсовой работы, актуальность темы. Значимость выбранной культуры в регионе, области. Объем 0,5-1 стр.

1. Природные условия почвообразования. Объем 8-10 стр.

1.1. Климат. Приводят:

- название биоклиматической зоны, в которой расположен участок;
- среднемесячные и годовые показатели температуры воздуха; сумму температур за период со среднесуточной температурой выше 10°C;
- сумму осадков за год; сумму осадков и испаряемость за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C; коэффициент увлажнения;
- даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°, 5° и 10°C; даты последнего и первого заморозков;
- глубину промерзания и дату полного оттаивания почвы, высоту снежного покрова, условия перезимовки озимых культур;
- дату наступления физической спелости почв;
- данные о запасах продуктивной влаги в почвах в различные периоды вегетации;
- сведения о ветрах.

В заключение делают вывод о соответствии климата требованиям выбранной автором культуры.

1.2. Рельеф и почвообразующие породы

Основные элементы рельефа: водоразделы, террасы, конусы выноса и т.д. Формы мезо- и микрорельефа и их влияние на раз-

витие эрозионных процессов. Характеристика почвообразующих и подстилающих пород. Влияние геоморфологических условий, почвообразующих и подстилающих пород на формирование почвенного покрова и использование почв под исследуемую культуру.

1.3. Поверхностные и грунтовые воды

Реки, озера, старицы, ложбины стока, искусственные водоемы. Время и характер паводков. Источники питания грунтовых вод, глубина залегания, химизм, влияние их на заболачивание почв и на общие процессы почвообразования. Наличие и эффективность дренажной сети.

1.4. Растительность и ведущие сельскохозяйственные культуры

Характеристика основных ассоциаций и видов естественной растительности. Наиболее распространенные сорняки. Продуктивность и кормовые достоинства естественных лугов и пастбищ. Лекарственные растения.

Перечень культур, примеры полевых, кормовых, овощных севооборотов. Охарактеризовать место выбранной автором культуры в севообороте и ее требования к почвенно-экологическим условиям.

2. Почвенный покров. Объем 12-15 стр.

2.1. Почвенно-географическое районирование региона (области)

Указать область, зону, подзону, провинцию, округ, район, раскрыть особенности структуры почвенного покрова.

2.2. Систематика почв. Перечислить типы, подтипы, роды, виды, разновидности и разряды почв и охарактеризовать процессы их формирования. Нарисовать строение профиля преобладающего типа почв.

2.3. Гранулометрический состав почв

Привести таблицы данных анализов и сделать оценку гранулометрического состава основных типов почв для выращивания культуры.

2.4. Минералогический и химический состав почв

Привести данные валового состава основных типов почв, охарактеризовать их минералогический состав.

2.5. Гумусовое состояние почв

Привести таблицы, характеризующие содержание и состав гумуса в почвах, привести данные, характеризующие запасы гумуса в почвах, данные по количеству вносимых органических удобрений на 1 га пашни. Объяснить данные по гумусовому состоянию почв, связать их с факторами и условиями гумусообразования.

2.6. Физико-химические и агрохимические свойства почв

Привести в форме таблиц данные, характеризующие состав поглощенных катионов, емкость катионного обмена, реакцию среды, степень насыщенности основаниями, обеспеченность почв элементами питания. Проанализировать связь физико-химических свойств почв с условиями почвообразования, гранулометрическим и минералогическим составом почв. Рассмотреть соответствие свойств требованиям культуры.

2.7. Физические и водно-физические свойства почв

Плотность, плотность твердой фазы, общая пористость почв, водный режим, данные по запасам влаги в почвах в течение вегетационного периода, необходимость орошения, нормы орошения, мероприятия по регулированию физических свойств и водного режима. Соответствие свойств требованиям культуры.

2.8. Воздушные и тепловые свойства и режимы почв

Привести данные по характеристике температур почвы и воздушных свойств, связать их с гранулометрическим составом, структурой. Мероприятия по регулированию.

3. Агропроизводственная группировка, бонитировка почв и типизация земель.

4. Выбор почв под исследуемую культуру и мероприятия по устранению лимитирующих факторов

Заключение.

Список используемой литературы.

Оглавление.

Пример тестов для текущего и итогового контроля знаний по почвоведению

БИЛЕТ

1. Каким индексом обозначается иллювиальный метаморфический горизонт?

- 1) A_1 ; 2) A_2 ; 3) B; 4) C.

2. Как называется почва по механическому составу, если она содержит 64,5% физического песка?

- 1) Супесь; 2) Средний суглинок; 3) Тяжелый суглинок; 4) Глина.

3. Сколько валового азота содержится в составе пахотного горизонта черноземных почв?

- 1) Десятые доли процента; 2) Тысячные доли процента; 3) Проценты; 4) Десятки процентов.

4. Какой из перечисленных минералов преобладает в составе фракции мелкого песка?

- 1) Каолинит; 2) Монтмориллонит; 3) Бейделит; 4) Полевой шпат.

5. В какой форме содержится наиболее высокое количество N (азота) в почвах?

- 1) В поглощенном состоянии; 2) В форме первичных и вторичных минералов; 3) В составе органических веществ; 4) В составе органо-минеральных соединений.

6. Сколько азота содержится в составе гуминовых кислот?

- 1) 0,5-1%; 2) 3-5%; 3) 5-10%; 4) 10-15%.

7. Определение влажности устойчивого завядания растений?

- 1) Нижний предел доступности растениям влаги; 2) Влажность разрыва капилляров; 3) Минимальное количество подпертой влаги; 4) Максимальное количество адсорбированной влаги из воздуха.

8. Какая величина коэффициента увлажнения (КУ) характерна для территорий с промывным водным режимом?

- 1) $>0,3$; 2) 0,5; 3) $>0,8$; 4) $>1,0$.

9. Сколько кислорода может содержаться в почвенном воздухе (объемных процентов)?

- 1) 0-20; 2) 21-31; 3) 31-41; 4) 78.

- 10. Какое вещество имеет наибольшую теплопроводность?**
1) Воздух; 2) Вода; 3) Торф; 4) Гранит.
- 11. Что такое почвенные комплексы?**
1) Мезокомбинации контрастные; 2) Мезокомбинации неконтрастные; 3) Микрокомбинации контрастные; 4) Микрокомбинации неконтрастные.
- 12. ЕКО подзолистых песчаных почв (мг-экв. на 100 г почвы)?**
1) <5; 2) 8-10; 3) 12-15; 4) 16-20.
- 13. Наиболее часто встречаемое содержание гумуса (%) в $A_{\text{пах}}$ в суглинистых дерново-подзолистых почвах?**
1) 0,5-1,5; 2) 1,5-3; 3) 3-5; 4) 5-7.
- 14. Зольность торфа верховых болотных почв?**
1) <5%; 2) 10-15%; 3) 15-20%; 4) 15-17%.
- 15. Характерный признак серых лесных почв?**
1) Резко выраженная дифференциация на горизонты;
2) Постепенные переходы между горизонтами;
3) Столбчатая структура в горизонте В;
4) Хорошо выраженный подзолистый горизонт.
- 16. Состав катионов в ППК черноземов обыкновенных?**
1) Са, Mg, K, H; 2) Са, Mg, Na; 3) Са, Mg, H, Al; 4) Са, Mg, H.
- 17. Реакция среды типичных черноземов?**
1) Среднекислая; 2) Щелочная; 3) Близкая к нейтральной;
4) Сильнокислая.
- 18. Мощность гумусового горизонта темно-каштановых почв (см)?**
1) 20-25; 2) 25-30; 3) 35-50; 4) 50-80.
- 19. Характерная особенность солончаков?**
1) Высокое содержание обменного Na в ППК;
2) Наличие повышенного количества водорастворимых солей во всем профиле;
3) Наличие карбонатов кальция и гипса;
4) Наличие высокого содержания водорастворимых солей только в почвообразующей породе.
- 20. Характерная особенность красноземов?**
1) Повышенное содержание карбонатов; 2) Повышенное содержание оксидов железа и алюминия в валовом составе; 3) Щелочная реакция среды; 4) Повышенное содержание гуминовых кислот в составе гумуса.

21. По какому виду кислотности можно наиболее точно определить дозу извести?

1) Актуальной; 2) Обменной; 3) Гидролитической; 4) По сумме обменной и актуальной.

22. Оптимальное содержание органического вещества для огурцов в тепличных грунтах (%)?

1) 1-10; 2) 20-30; 3) 30-60; 4) 60-70.

23. Наиболее общий и сильнодействующий лимитирующий фактор урожая на каштановых почвах?

1) Элементы питания (Р и К); 2) Элемент питания (азот); 3) Влаги; 4) Щелочная реакция в почвообразующей породе.

24. Под какие из перечисленных культур можно использовать почвы с засолением незасоленных грунтовых вод на глубине 1,5-2 м?

1) Семечковые; 2) Косточковые; 3) Только грушу; 4) Только яблоню.

25. Какие из перечисленных родов черноземов южных имеют более благоприятные свойства для выращивания овощных культур без орошения?

1) Солонцеватые; 2) Карбонатные; 3) Глубоковскипающие; 4) Обычные.

26. Наиболее рациональный метод борьбы с эрозией на склонах с крутизной 3-4?

1) Террасирование склонов; 2) Контурная обработка; 3) Лесомелиорация; 4) Гидротехнические мероприятия.

27. Почвы лучшего качества в степной зоне?

1) Супесчаные; 2) Песчаные; 3) Легкосуглинистые; 4) Среднесуглинистые и тяжелосуглинистые.

28. Какие из перечисленных культур можно выращивать на пойменных почвах со стоянием воды в пойме в течение 7-15 дней?

1) Яблоня; 2) Озимая пшеница; 3) Озимая рожь; 4) Другие озимые культуры.

29. На каких почвах более высокая доза извести при близких значениях рН?

1) Песчаные; 2) Супесчаные; 3) Легкосуглинистые; 4) Глинистые.

30. Характерный лимитирующий фактор урожая на солонцах?

1) Рыхлое сложение; 2) Щелочная реакция; 3) Избыток влаги; 4) Недостаток элементов питания.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. — МГУ, 1970.
2. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. — МГУ, 1989.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. — М.: “Агропромиздат”, 1986.
4. Воробьева Л.А. Химический анализ почвы. — МГУ, 1998.
5. Ганжара Н.Ф. Почвоведение. — М.: “Агроконсалт”, 2001.
6. Классификация и диагностика почв СССР. — М., “Колос”, 1977.
7. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. — М.: “Колос”, 2000.
8. Практикум по почвоведению / Под редакцией И.С.Кауричева. — М.: Агропромиздат. — 1986.
9. Шишов Л.Л., Сорокина Н.П., Панкова Е.И. Составление крупномасштабных и детальных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова. / Методические рекомендации. — М. 1989.
10. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. Критерии и модели плодородия почв. — М.: Агропромиздат. 1987.
11. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. — “Мысль”, 1972.

Оглавление

Предисловие	3
Методы исследования в почвоведении	5
Часть I. Методы исследования состава, свойств и режимов почв	8
1. Лабораторные методы исследования физических свойств почв	8
1.1. Подготовка почвы к анализу	8
✓ 1.2. Определение гигроскопической влажности	9
✓ 1.3. Определение максимальной гигроскопической влажности (МГ)	10
✓ 1.4. Гранулометрический состав почв	11
1.4.1. Определение гранулометрического состава почв методом пипетки (вариант Н.А. Качинского с подготовкой почвы к анализу пирофосфатным методом по С.И. Долгову и А.И. Личмановой)	13
1.4.2. Подготовка почвы к анализу методом Н.А. Качинского.	18
1.5. Структура почвы	18
✓ 1.5.1. Агрегатный анализ почв — метод Н.И. Саввинова	18
✓ 1.5.2. Определение микроагрегатного состава почвы методом Н.А. Качинского	22
✓ 1.5.3. Оценка структурного состояния почвы по результатам микроагрегатного и гранулометрического анализов	23
1.5.4. Задание 1. Гранулометрический, агрегатный и микроагрегатный составы почв.	24
1.6. Общие физические и водно-физические свойства почв	26
✓ 1.6.1. Плотность сложения почвы	26
✓ 1.6.2. Плотность твердой фазы почвы	28
✓ 1.6.3. Порозность почвы	30
✓ 1.6.4. Агроэкологическая оценка плотности и порозности почвы	30
✓ 1.6.5. Расчеты запасов воды в почве	31
1.6.6. Задание № 2. Общие физические и водно-физические свойства почв.	32
2. Химический анализ почвы	33
2.1. Методы химического анализа.	33
2.1.1. Единицы измерения уровней показателей.	37
2.1.2. Способы выражения результатов анализов	39

2.2.	Валовой состав минеральной части почв	40
2.2.1.	Задание 3. Валовой химический состав почв	42
2.3.	Органическое вещество почв	45
2.3.1.	Определение углерода гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова	46
2.3.2.	Определение углерода гумуса в почве по методу Б.А. Никитина	48
2.3.3.	Определение углерода гумуса на экспресс- анализаторе. АН 7529.	49
2.3.4.	Определение легкоразлагаемого органического вещества (Ганжара Н. Ф., 1986)	49
2.3.5.	Определение потери при прокаливании торфяных почв, лесных подстилок и ЛОВ.	50
2.3.6.	Определение легкоразлагаемого органического вещества по Н.Ф. Ганжаре и Б.А. Борисову	51
2.3.7.	Ускоренное определение состава гумуса минеральных почв методом М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой	53
2.3.8.	Агрономическая оценка состояния органического вещества почв	59
2.3.9.	Задание 4. Оценка состояния органического вещества почвы.	59
2.4.	Физико-химические свойства почв	61
2.4.1.	Определение суммы обменных оснований методом Каппена-Гильковица	61
2.4.2.	Определение гидролитической кислотности	61
2.4.3.	Определение гидролитической кислотности по Каппену, в модификации ЦИНАО, потенциометрическим методом.	62
2.4.4.	Вычисление емкости катионного обмена (ЕКО) и степени насыщенности почв основаниями по показателям суммы обменных оснований и гидролитической кислотности	64
2.4.5.	Вычисление дозы извести	64
2.4.6.	Определение рН водной и солевой суспензии потенциометрическим методом.	65
2.4.7.	Определение ориентировочных доз извести по величине pH_{KCl}	66
2.4.8.	Определение ЕКО ст по Бобко-Аскинази- Алешину	66
2.4.9.	Определение обменной кислотности по методу А.В. Соколова.	68
2.4.10.	Определение обменного натрия при вытеснении его уксуснокислым аммонием	69
2.4.11.	Расчет норм гипса при химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв	70

2.4.12. Задание 5. Физико-химические свойства почв	70
2.5. Определение мобильных соединений азота, фосфора, калия и биофильных микроэлементов	72
2.5.1. Определение щелочногидролизуемого азота по А.Х. Корнфилду	72
2.5.2. Определение подвижных форм фосфора и обменного калия в почвах (Методы Кирсанова, Чирикова, Мачигина)	73
2.5.3. Определение подвижных форм биофильных микроэлементов	78
2.5.4. Группировки обеспеченности почв элементами питания	80
2.6. Определение солевого состава водной вытяжки и степени засоления почв	81
2.6.1. Приготовление водной вытяжки	81
2.6.2. Определение плотного (сухого) остатка	82
2.6.3. Определение общей щелочности и щелочности, обусловленной нормальными карбонатами (CO_3^{2-}) и гидрокарбонат-ионами (HCO_3^-)	82
2.6.4. Определение хлор-иона argentометрическим методом, по Мору	84
2.6.5. Определение сульфат-иона гравиметрическим методом	85
2.6.6. Определение ионов кальция и магния комплексонометрическим методом	86
2.6.7. Оценка степени засоления почв по содержанию токсичных солей	88
2.6.8. Оценка степени засоления по удельной электрической проводимости фильтратов из насыщенных водой почвенных паст	90
2.6.9. Задание 6. Интерпретация результатов анализа водной вытяжки	91
2.7. Определение карбонатов и гипса в почвах	92
2.7.1. Определение карбонатов алкалометрическим методом по Козловскому	92
2.7.2. Определение гипса	93
3. Полевые и стационарные методы исследования почв	94
3.1. Определение полевой влажности	94
3.2. Определение плотности почвы с помощью бура-цилиндра	95
3.3. Определение водопроницаемости и предельной полевой влагоемкости методом рам.	98
3.3.1. Определение водопроницаемости	98
3.3.2. Определение предельной полевой влагоемкости	100

3.4.	Лабораторное определение капиллярной влагоемкости, полной влагоемкости (водовместимости) и предельной полевой влагоемкости	101
3.4.1.	Определение капиллярной влагоемкости	101
3.4.2.	Определение полной влагоемкости (водовместимости).....	102
3.4.3.	Определение предельной полевой влагоемкости.	102
3.5.	Лизиметрический метод.....	102
3.6.	Методы изучения биологической активности почвы	105
3.6.1.	Определение скорости разложения растительных остатков в капроновых пакетах	105
3.6.2.	Определение интенсивности разложения целлюлозы в почве по методу Е.Н. Мишустина и А.Н. Петровой	105
3.6.3.	Определение скорости эмиссии CO ₂ из почвы методом Штатнова	106
3.6.4.	Определение потенциальной активности азотфиксации ацетиленовым методом	107
3.6.5.	Определение биомассы микроорганизмов в почве регидратационным методом, по Т.Г. Мирчинк и Н.С. Паникову.....	108
3.7.	Определение количества корневой массы	109
3.8.	Определение окислительно-восстановительного потенциала	111

Часть II. Систематика и диагностика основных типов почв России... 112

4.	Морфологические признаки почв	112
5.	Систематика и диагностика основных типов почв	123
5.1.	Система таксономических единиц, понятие о номенклатуре и диагностике почв	123
5.2.	Тип: подзолистые почвы	125
5.3.	Подзолистые почвы, используемые в земледелии	128
5.4.	Разделение пахотных дерново-подзолистых почв по степени эродированности	132
5.5.	Тип дерново-карбонатные почвы (Дк)	133
5.6.	Тип дерново-глеевые почвы (Дг)	134
	Торфяные болотные почвы	136
5.7.	Тип: торфяные болотные верховые почвы (Б _v ^r)	136
5.8.	Тип: торфяные болотные низинные почвы (Б _н ^r).....	137
5.9.	Тип болотно-подзолистые почвы (Пб)	138
5.10.	Тип: серые лесные почвы (Л).....	140
5.11.	Серые лесные почвы, используемые в земледелии	142
5.12.	Тип: бурые лесные почвы (буроземы) (Лб).....	144

5.13. Тип: черноземы (Ч)	145
5.14. Тип: лугово-черноземные почвы (Чл)	150
5.15. Тип: каштановые почвы (К)	151
5.16. Тип: лугово-каштановые почвы (Кл)	153
5.17. Тип: бурые полупустынные почвы (Сб)	154
Солонцы (Сн)	155
5.18. Тип: солонцы автоморфные	155
5.19. Тип: солонцы полугидроморфные	156
5.20. Тип: солонцы гидроморфные	157
Солончаки (Ск)	157
5.21. Тип: солончаки автоморфные	160
5.22. Тип: солончаки гидроморфные	160
5.23. Тип: солоды (Сд)	162
5.24. Аллювиальные почвы	163
5.25. Тип: аллювиальные дерновые кислые (A_d^{kc})	164
5.26. Тип: аллювиальные дерновые насыщенные почвы (A_d^n)	165
5.27. Тип: аллювиальные дерново-опустынивающиеся карбонатные почвы ($A_d^{ок}$)	165
5.28. Тип: аллювиальные луговые кислые почвы (A_d^{kc})	166
5.29. Тип: аллювиальные луговые насыщенные почвы (A_d^n)	166
5.30. Тип: аллювиальные луговые карбонатные почвы (A_d^k)	167
5.31. Тип: аллювиальные лугово-болотные почвы (A_d^6)	167
5.32. Аллювиальные болотные почвы (Аб)	168
5.33. Задание 7. Систематика и диагностика основных типов почв	168

Часть III. Материалы почвенных исследований и их использование ... 199

6. Крупномасштабные и детальные почвенные карты	199
6.1. Картографические основы для составления почвенных карт	199
6.1.1. Задание 8. Прогнозирование вероятной степени смывости почв по топографической карте.	211
6.2. Чтение форм и элементов рельефа по топографической карте	212
6.2.2. Задание 9. Составление карты форм и элементов рельефа:	218
6.3. Структура почвенного покрова	219
6.3.1. Задание 10. Структура почвенного покрова.	230
6.4. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова	233

6.4.1. Задание 11. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова	239
7. Агропроизводственная группировка почв	243
7.1. Задание 12. Агропроизводственная группировка почв	246
8. Бонитировка почв и экономическая оценка	247
8.1. Метод Н.Л. Благовидова.	247
8.1.1. Задание 13. Бонитировка почв по методу Н.Л. Благовидова	250
8.2. Бонитировка почв по методу И.И. Карманова.	251
8.2.1. Задание 14. Бонитировка почв по методу И.И. Карманова	257
8.3. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических индексов по И.И. Карманову	260
8.4. Определение цены почвы на основе почвенно-экологических индексов по методу Почвенного института им. В.В. Докучаева	260
8.4.1. Задание 15. Определение цены почвы по методу Почвенного института им. В.В. Докучаева.	262
9. Агроэкологическая типизация земель (по В.И. Кирюшину)	263
9.1. Формирование агроэкологических типов земель	264
9.1.1. Задание 16. Агроэкологическая типизация земель по В.И. Кирюшину.	265
Приложение 1. Методические рекомендации к выполнению стандартной курсовой работы по почвоведению для студентов агрономических специальностей по теме: «Почвенно-экологические условия выращивания (название культуры, хозяйства, района, области)»	267
Приложение 2. Пример тестов для текущего итогового контроля знаний студентов	270
Литература	273

Ганжара Николай Федорович, доктор биологических наук,
профессор,
Борисов Борис Анорьевич, кандидат биологических наук,
доцент;
Байбеков Равиль Файзрахманович, кандидат биологических наук,
доцент.

Практикум по почвоведению

Учебное пособие для студентов высших учебных заведений

Рисунки профилей почв и ландшафтов художника А.Я.Андреева
Верстка С.П.Власенко

Изд. лиц. ИД 02644 от 28.08.2000 г. Подписано в печать 22.05.2002 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. листов — 17,5. Тираж 4000. Заказ № 47

Издательство «Агроконсалт» 127550, г. Москва, ул.Прянишникова, д. 31
Отпечатано в Московской типографии № 12 Министерства по делам
печати, телевидению и средств массовой коммуникации.
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 40, стр. 6