

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АГРОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**МЕТОДЫ
ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие

Новосибирск 2016

УДК 631.4 (075)
ББК 40.3, я 73
М 545

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Авторы-составители: *М. С. Сиухина*, канд с.-х. наук, доц.;
С. Л. Быкова, канд. биол. наук, доц.

Рецензенты: *В. Г. Двуреченский*, канд. биол. наук
(Институт почвоведения и агрохимии СО РАН);
Р. Р. Галеев, д-р с.-х. наук, проф. (Новосибирский
государственный аграрный университет)

Методы почвенных исследований: учеб.-метод. пособие / Ново-
сиб. гос. аграр. ун-т, Агроном. фак.; авт.-сост.: М. С. Сиухина, С. Л. Бы-
кова. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2016. – 174 с.

В пособии приведены основные понятия по общим свойствам почв. Большое внимание уделено характеристике физических, физико-механических, водных свойств почв, их значению в формировании почвенного плодородия и жизни растений. Дана методика определения основных свойств почв, характеризующих их агромелиоративные и агроэкологические качества: влажность, общие физические и физико-механические свойства, агрегатный состав и почвенный раствор. Разработаны задания для самостоятельной работы и представлены вопросы для самоконтроля знаний.

Пособие предназначено для студентов агрономического факультета всех направлений подготовки, изучающих следующие дисциплины: «Методы почвенных исследований», «Почвоведение», «Общее почвоведение», «География почв», «Агропочвоведение», «Экогеохимия ландшафтов».

Утверждено и рекомендовано к изданию методическим советом агрономического факультета (протокол № 9 от 14 октября 2015 г.)

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

... Почва, как и любой растительный и животный организм, вечно живет и изменяется.

Всякий почин в изучении наших почв, откуда бы он ни исходил, всякий шаг по данному пути, как бы мал он ни был, заслуживает нашего полнейшего внимания и возможного содействия.

В. В. Докучаев

Почвоведение изучает почвы и как особое природное образование, и как средство сельскохозяйственного производства. Почва, являясь важнейшим компонентом экологической системы, выполняет и общепланетарную роль. Необходимо помнить, что это невозобновляемый дар природы и главное богатство страны. Почва – наиболее консервативный элемент ландшафта, однако в условиях всё возрастающей антропогенной нагрузки может быстро и значительно изменять состав, свойства, деградировать, утрачивать экологические функции, что оказывает негативное влияние на другие компоненты ландшафта.

От использования почв в практике сельского хозяйства зависит судьба пахотных почв, их плодородие и производительность.

Анализ специфических свойств почв необходим для познания и оценки плодородия, мелиоративных особенностей, их агрономической оценки. Каждая почва имеет определённые показатели гумусового состояния, распределения органического вещества по профилю, гранулометрического состава, реакции и состава обменных катионов и др.

Определение и характеристика свойств почв имеет особое значение в решении любых проблем почвоведения, агрохимии, мелиорации, изменение которых в процессе естественного развития, сельскохозяйственного

использования, мелиорации, антропогенного загрязнения делает необходимым контроль за состоянием почв, прогноз его изменения, основу которых составляют результаты анализов почв.

Цель данной дисциплины – изучить современные методы почвенных исследований, которые применяются в науке и практике. Методы почвенных исследований необходимы для понимания особенностей процессов, происходящих в почвах при антропогенных изменениях. На основании полученных аналитических результатов разрабатывают приемы сохранения и повышения плодородия почв.

Предметом изучения курса «Методы почвенных исследований» являются принципы (подходы) и методы оценки физических и химических свойств и почвенных процессов, их изменения под влиянием антропогенных факторов: загрязнения, вторичного засоления и слитизации при орошении, деградации почв.

В настоящее время возросла роль методов исследований почв для мелиорации, эффективного применения удобрений, разработки мероприятий по защите почв от эрозии, загрязнения.

Оценка пригодности почв для использования в сельском хозяйстве базируется на результатах анализа. Благодаря большому значению анализа в изучении почв ему уделялось много внимания на всех этапах развития почвоведения.

Разработка теоретических основ химического анализа и физико-химической характеристики почв связана с именами И.В. Тюрина, Н.И. Горбунова, Е.В. Аринушкиной и многих других; разработка методов исследования физических и водных свойств почв – с именами П.А. Костычева, В.Р. Вильямса, К.К. Гедройца, Н.А. Качинского, С.И. Долгова, Н.И. Саввинова, А.А. Роде, Г.Н. Высоцко-

го. Но особый вклад в развитие теоретических основ и методов исследования почв внес К. К. Гедройц. В 1909 г. им опубликовано краткое руководство по химическому анализу почв, в 1923 г. вышла в свет его книга «Химический анализ почв», которая многократно переиздавалась и не утратила своего значения в настоящее время.

На данном этапе развития почвоведения большое внимание уделяется теоретическому обоснованию методов исследований состояния почв и совершенствованию приемов интерпретации полученных результатов.

Задачей дисциплины является изучение современных методов исследования почв, которые основаны на знаниях физики, химии, общего почвоведения и др.

Знания свойств почв и методов их исследования помогут при изучении вопросов мелиорации почв, ландшафтоведения, рекультивации земель. Необходимо использовать методы, которые позволяют получить достоверный объем информации для решения поставленных задач и дадут основания сравнивать полученные результаты с данными других исследователей.

Диагностика почв – совокупность признаков почв, по которым они могут быть выделены и отнесены к тому или иному классификационному подразделению. Для диагностики почв в первую очередь используют морфологические признаки и результаты анализов (в том числе агрофизические и агрохимические для пахотных почв).

Настоящее пособие ставит своей целью помочь студентам приобрести навыки определения гранулометрического состава, физических, водных, физико-химических свойств (реакции, ёмкости поглощения) содержания гумуса, для засоленных почв – состава водной вытяжки.

Очень важно правильно проанализировать полученные результаты анализов почв, по которым судят о каче-

стве почвы, её агрономических свойствах, разрабатывают приёмы мелиорации и рекомендации по химизации земледелия.

В пособии представлены лабораторные работы по изучению основных водных, физических, физико-химических и других свойств почвы. Приведены примеры расчётов и решения практических задач, основанных на использовании полученных данных анализа почв.

С целью проверки, закрепления теоретических знаний и практических навыков представлен ряд заданий и вопросов для самостоятельной работы студентов.

Перед выполнением контрольных заданий необходимо изучить теоретический материал по учебникам, лекциям, научной и справочной литературе.

1. МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почвоведение, как любая другая наука, имеет свои методы исследований, адекватные предмету исследований.

Всестороннее изучение почв выполняют полевыми, экспедиционными, стационарными и лабораторными методами.

Полевые почвенные исследования начинают с рекогносцировочного обследования, которое дает общее представление о почвенном покрове и особенностях сельскохозяйственного использования земель (поля севооборотов, их границы и др.). Во время рекогносцировки изучают главнейшие формы рельефа, крутизну склонов и составляют представление о геоморфологии района. Изучают строение овражно-балочной и гидрологической сети, устанавливают взаимосвязь почвы с природными факторами почвообразования и с различными способами и приемами производственного воздействия на нее. На основе рекогносцировки составляют план детальных почвенных исследований определенной территории.

В период **полевых почвенных исследований** проводят почвенную съемку, изучают генетические и агрономические свойства почв.

Профильный метод разработан В.В. Докучаевым. Принцип его заключается в изучении признаков и свойств всей системы генетических горизонтов от поверхности, включая верхнюю часть материнской породы. Профильный метод предусматривает использование наиболее распространенных приемов, методов и анализов, при этом в каждом генетическом горизонте изучают морфологию, общие физические свойства, гранулометрический, агрегатный и валовой химический состав, физико-химические свойства, состав и свойства органи-

ческого вещества и др. Разновидностью профильного метода является *сравнительно-аналитический метод*, который позволяет путем применения системы физических, химических, физико-химических и других методов анализа почвенных образцов каждого генетического горизонта, сравнивая результаты анализов, судить о составе и свойствах почв.

Теоретическим основанием диагностики почв служит учение В.В. Докучаева о неразрывной связи почв с условиями (факторами) почвообразования и его главный тезис о том, что «почвы и грунты есть зеркало, яркое и вполне правдивое отражение, так сказать, непосредственный результат совокупного, весьма тесного векового взаимодействия между водой, воздухом, землей (материнской горной породой, иначе подпочвой), с одной стороны, растительными и животными организмами и возрастом страны – с другой, этими вечными и поныне действующими почвообразователями».* Метод отражает природные закономерности развития почвообразовательного процесса и почвенных режимов.

Морфологический метод является основным в диагностике почв. Детально изучают почвы в природных условиях на почвенных разрезах, которые специально для этого выкапывают на заранее выбранных площадках. Различают три вида почвенных разрезов.

Основные (полные) разрезы делают с таким расчетом, чтобы были видны все почвенные горизонты и верхняя часть материнской породы, их закладывают в наиболее типичных местах. Они служат для детального изучения морфологических признаков почв, установления границ между различными почвами, отбора образцов для анализов. Основные почвенные разрезы закладывают на глубину 1,5–2, 0 м.

* Докучаев В.В. Избранные сочинения. М., 1954. С. 330.

Контрольные (полуразрезы) закладывают на глубину от 75 до 120 см. Они служат для контрольного изучения основной части профиля: мощности гумусовых и других горизонтов, глубины вскипания, степени выщелоченности, оподзоленности, солонцеватости и др.

Прикопки делают глубиной до 75 см для уточнения границ почвенных контуров.

Сравнительно-географический метод заключается в том, что состав и свойства почв изучают в тесной связи с условиями почвообразования.

Этот метод дает возможность делать выводы о генезисе и закономерностях географического распространения почв.

Метод почвенных ключей – детальный анализ генетико-географических показателей небольших типичных репрезентативных участков – ключей – и перенесение полученных таким путем данных на более крупные территории с однотипной структурой почвенного покрова.

Стационарный метод, или метод почвенно-режимных наблюдений – многолетние наблюдения за различными процессами почв на относительно однородном небольшом участке почвы (стационаре). Режимные наблюдения (водного, солевого, температурного, газового состава почвенного раствора) необходимы для изучения изменения свойств почв под влиянием антропогенной деятельности (орошения, осушения, химической мелиорации, удобрения, обработок). Отбор почвенных образцов для анализов проводят на одной стационарной площадке периодически или систематически. Стационарный метод включает большое разнообразие способов и приемов исследования. Широкое распространение получили методы почвенных лизиметров и стоковых площадок.

Метод почвенных лизиметров необходим для изучения вертикальной миграции природных, оросительных вод и растворенных в них веществ в природной обстановке. Лизиметры – специальные устройства для улавливания стекающих по почвенному профилю почвенных растворов. Лизиметры бывают различных конструкций: лизиметры-контейнеры с бетонированными стенами и дном, лизиметры-воронки, лизиметры-монолиты и др. Данный метод применяют в разных модификациях в зависимости от целей и задач исследования.

Метод стоковых площадок позволяет изучить эрозию почв, передвижение солей, поверхностный и внутрипочвенный сток.

Метод почвенных монолитов предназначен для изучения некоторых почвенных процессов (передвижения влаги, солей, полуторных оксидов и др.) на почвенных колонках (монолитах) ненарушенного сложения, взятых из почвенных разрезов.

Метод моделирования – искусственное воспроизведение различных процессов и явлений, происходящих в почвах, в обстановке контролируемого эксперимента в лабораторных или полевых условиях. В настоящее время все большее распространение получают математическое и физико-химическое моделирование с использованием компьютерной техники. Примером полевого эксперимента являются наблюдения за эволюцией почв при смене растительности, орошении, осушении, известковании.

Повторные съемки и исследования одних и тех же объектов через определенные промежутки времени позволяют составить представление об эволюции почв и почвенного покрова, вызванной мелиорацией и другими видами антропогенной нагрузки.

Палеогеографический метод – изучение почвообразования по остаткам тканей растений, спор пыльцы, животных.

Сравнительно-исторический метод дает возможность исследовать прошлое почв на основании изучения их современного состояния. Сведения о прежнем состоянии почв получают по историческим источникам: архивным документам, летописям и т. д.

Почвенно-археологический метод заключается в исследовании почв насыпей, курганов, могильников, погребенных почв.

Радиоизотопные методы применяют для изучения процессов миграции тех или иных элементов и их соединений в почвах и в экосистемах на основе меченых атомов (радиоактивных изотопов). Основным методом для определения абсолютного возраста почв является *радиоуглеродный метод*. По C^{14} установлено, что дерново-подзолистая почва со вторым гумусовым горизонтом Томской области (Томское Приобье) имеет возраст верхнего горизонта 1230 лет, а второго гумусового горизонта – 7000 лет.

Биогеоценотический (экологический) метод подразумевает одновременное сопряженное изучение всех компонентов биоценоза: почвы, растений, животных, микроорганизмов, атмосферы, природных вод, горных пород с учетом конкретных условий географической среды.

Со второй половины XX в. особое значение приобрели дистанционные аэрокосмические методы исследования почв и почвенного покрова. **Аэрокосмические методы** включают инструментальное или визуальное изучение фотографий земной поверхности или её прямое исследование с самолетов и космических аппаратов. Космические и аэрофотоснимки применяются при

составлении почвенных карт и оценке земельных ресурсов.

Лабораторные методы исследования почв делятся на *химические и инструментальные*.

Наиболее часто при лабораторных *химических исследованиях* используют *метод почвенных вытяжек*, основанный на том, что растворители: вода, растворы кислот, щелочей или солей различной концентрации; органические растворители (спирт, ацетон, бензол и др.) – экстрагируют из почвы при контролируемых условиях взаимодействия какую-то определенную группу соединений интересующего исследователя элемента.

Инструментальные методы анализа химического состава почв позволяют определить в почве в целом (и в отдельных ее компонентах – агрегатах, органическом веществе, илистой фракции, в почвенных, грунтовых и наземных водах) многие макро- и микроэлементы, в том числе тяжелые металлы. Определение тяжелых металлов позволяет проводить мониторинг загрязнения почв.

1. *Метод пламенной фотометрии*. Им определяют К, Na, Ca, Mg и другие элементы. Принцип данного метода состоит в сравнении интенсивности спектров испускания элементов, содержащихся в исследуемом растворе, с интенсивностью спектров испускания этих элементов в растворах с известной концентрацией. При введении в пламя горелки с помощью распылителя анализируемого раствора происходит его быстрое испарение, а находящиеся в нем соли диссоциируют на свободные атомы. Под воздействием температуры пламени атомы переходят в возбужденное состояние (т.е. электроны переходят на новые энергетические уровни). Возбужденное состояние атома очень неустойчиво и длится около 10^{-8} с, после

чего атом снова переходит в обычное состояние, выделяя избыток энергии в виде кванта $h\nu$. При этом образуются спектральные линии, которые выделяются с помощью светофильтров. Интенсивность излучения спектра определяемого элемента находится в зависимости от концентрации этого элемента в растворе.

Недостатком метода является то, что наличие высоких концентраций других «мешающих» элементов в растворе может в несколько раз превышать концентрацию определяемого элемента.

2. *Атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС).* Для определения химических элементов в почвах готовят различные вытяжки, в которых можно определять до 70 элементов (как в почвах, так и в растениях). Достоинством этого метода является простота выполнения анализов, избирательность, хорошая чувствительность.

3. *Полярографический метод* позволяет анализировать ионы металлов, многие анионы, органические вещества, способные к электрохимическому окислению или восстановлению.

4. *Фотоколориметрический метод* основан на том, что проходящее через раствор излучение видимой области спектра поглощается веществом пропорционально его концентрации в растворе.

Фотоколориметр КФК-2 снабжен 11 цветными светофильтрами с шириной полосы пропускания 20–40 нм. После того как фотоколориметр включают в сеть, с помощью ручки переключения длин волн выбирают необходимый светофильтр. После 20-минутного прогревания прибор готов к работе. В световой пучок помещают кювету с растворителем или контрольным раствором, по которому проводятся измерения, закрывают крышку кюветной камеры и ручками «чувствительность», «установка грубо»

и «установка точно» устанавливают отсчет по нижней шкале оптической плотности (D) на «0». Затем в световой пучок вводят кювету с исследуемым раствором и снимают отсчет по шкале в единицах оптической плотности.

Построение калибровочного графика. Для построения графика готовят серию растворов определяемого вещества с известными концентрациями, охватывающими всю область возможных изменений концентраций этого вещества в исследуемых растворах. Затем измеряют оптические плотности всех растворов и строят график, откладывая по оси абсцисс известные концентрации, а по оси ординат – соответствующие им значения оптической плотности. По построенному графику определяют неизвестную концентрацию вещества в исследуемых растворах, соответствующую измеренному значению оптической плотности.

5. *Электронно-микроскопический метод* изучает минеральный состав почв. Данный метод получил широкое распространение в различных областях науки и техники, в том числе в почвоведении, мелиорации, агрохимии. Для изучения микромира почв, исследования элементарных почвенных процессов весьма эффективно применять электронный микроскоп, позволяющий наблюдать и изучать такие детали, которые невозможно выявить другим путем. Основной характеристикой любого увеличительного оптического прибора является его разрешающая способность, т.е. способность давать раздельное изображение точек объекта, близко расположенных друг от друга. Создание в середине 30-х годов XX в. электронных микроскопов с разрешающей способностью до 2\AA ($2 \cdot 10^{-4}$ мкм) дало науке возможность детально изучать микромир. Современные электронные микроскопы позволяют

увидеть не только молекулы веществ и микроорганизмы, но даже отдельные атомы тяжелых металлов.

6. Рентгенографический метод изучает минеральный состав илистой и коллоидной фракции. С помощью данного метода решается несколько задач, но одна из важнейших заключается в определении минералов, которые присутствуют в высокодисперсной части почв. Сущность рентгенографического метода определения минералов основана на том, что каждый минерал имеет свойственную только ему кристаллическую решетку. В кристаллическом виде все атомы, ионы и молекулы расположены упорядоченно и в целом образуют пространственную решетку.

Картографический метод применяется для изображения на картах почвенного покрова отдельных территорий. Для его выполнения используют методы топографии, сравнительно-географический, сравнительно-аналитический, метод почвенных ключей, аэрокосмические методы с использованием аэро- и космических снимков.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите и охарактеризуйте существующие методы исследования почв.

2. Дайте характеристику полевых методов исследования почв: сравнительно-географического, профильного, морфологического.

3. Какие правила необходимо соблюдать при закладке почвенных разрезов?

4. Расскажите о методах отбора и подготовке к анализу образцов почв.

5. Назовите и дайте краткую характеристику инструментальных методов исследований почв.

6. Охарактеризуйте основные методы анализа почв.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ

2.1. Правила отбора образцов

Методика отбора почвенных проб зависит от целей исследования.

В зависимости от целей исследований берут несколько видов почвенных образцов: по генетическим горизонтам почвы; индивидуальные и смешанные образцы для массовых анализов; образцы с ненарушенным сложением.

Образцы берут из всех генетических горизонтов слоем 10 см, массой 500–1000 г.

Первым берут образец из самого нижнего горизонта (материнской породы), затем из вышележащего и т.д. Техника отбора: находят середину каждого горизонта и от нее отступают вверх и вниз по 5 см, наносят на стенку разреза границы слоев, из которых отбирают образцы. Из пахотного горизонта образец берут на всю его мощность (рис. 1). Из гумусового горизонта образцы отбирают послойно (каждые 10 см). Если горизонты растянуты более чем на 50 см, из них нужно брать по два образца. Из горизонта, мощность которого менее 10 см, образец берут на всю его мощность, отступив 1–2 см переходных к другим горизонтам. Взятую почву переносят в мешочки и вкладывают в них заполненную простым карандашом этикетку следующего образца:

Область _____
Район _____
Хозяйство _____
Разрез № _____ Горизонт _____ Глубина взятия образца
_____ см
Название почвы _____ Дата _____ Подпись почво-
веда _____

Заполненную этикетку складывают надписью внутрь и завязывают вместе с образцом так, чтобы она не соприкасалась с почвой.

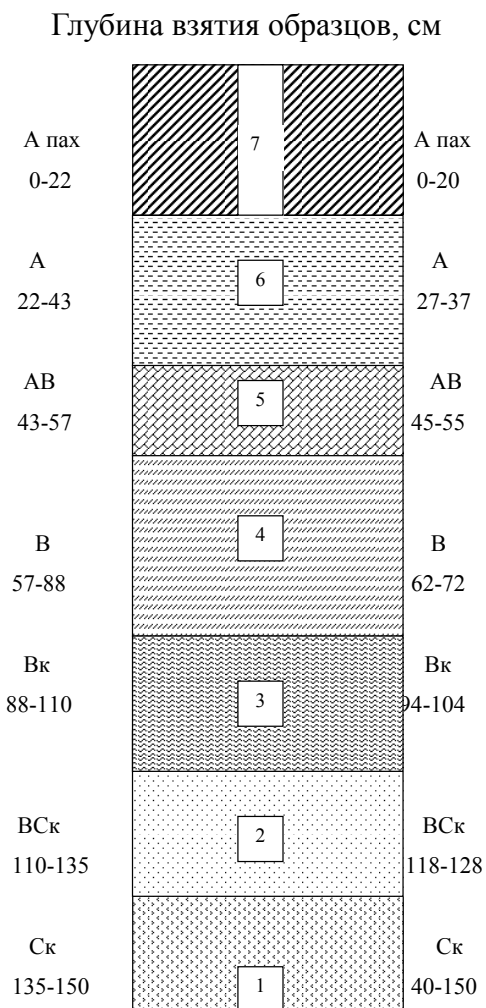


Рис. 1. Схема отбора почвенных образцов по генетическим горизонтам

2.2. Подготовка почвы к анализу

О свойствах исследуемых почв судят по результатам анализа. Поэтому очень важно не только правильно взять образцы почвы в поле, но и умело подготовить их к анализу. Большинство анализов проводят с образцами почвы, просушенной до воздушно-сухого состояния.

После отбора почвенные пробы высушивают до воздушно-сухого состояния в чистом, сухом, хорошо проветриваемом помещении, не содержащем в воздухе пыли и газов (NH_3 , HCl и др.), насыпав почву на чистые листы бумаги тонким слоем. Крупные комки почвы в образце раздавливают руками, тщательно отбирают корни и различные включения. Высушенную почву измельчают в специальных мельницах или фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями 1 мм. Сито необходимо брать с поддоном и крышкой. Подготовленную таким образом почву ссыпают в картонную коробку, помещают в нее этикетку, на которой указано место отбора, номер разреза, название почвы, горизонт и глубина взятия образца. Для удобства работы в лаборатории каждому образцу почвы присваивают регистрационный номер, который наклеивают на стенку коробки снаружи.

В состоянии естественной влажности почвы анализируют в тех случаях, когда оценивают свойства, изменяющиеся в зависимости от влажности. Например, во влажных образцах определяют содержание нитритов, нитратов, двухвалентного железа.

Для определения структуры и водопрочности агрегатов нужны образцы сухой почвы без предварительного измельчения.

Для определения гранулометрического состава, содержания гумуса и азота требуется специальная подготовка, которая будет представлена в соответствующих разделах.

3. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Водные свойства – это совокупность свойств почвы, определяющих поведение почвенной влаги в ее профиле. К ним относятся водопроницаемость, водоподъемная способность и водоудерживающая способность.

Водопроницаемость – способность почвы впитывать и пропускать через себя воду, поступающую на ее поверхность.

Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава почв, их структурного состояния и физико-химических свойств. Почвы легкого гранулометрического состава (пески, супеси) благодаря наличию крупных некапиллярных пор отличаются высокой водопроницаемостью. Хорошей водопроницаемостью характеризуются суглинистые и глинистые почвы с водопрочной комковато-зернистой структурой. В бесструктурных суглинистых и особенно глинистых почвах водопроницаемость очень низкая. В почвах, содержащих обменный натрий, водопроницаемость существенно снижается. При высоком содержании в ППК обменного натрия почва сильно набухает и становится практически водонепроницаемой.

Водопроницаемость измеряется объемом воды, который проходит через единицу площади поперечного сечения в единицу времени. Этот показатель довольно динамичный и заметно варьирует как по профилю почв, так и пространственно. Водопроницаемость почв тяжелого гранулометрического состава оценивают по шкале, предложенной Н.А. Качинским. Если почва пропускает за 1 ч более 1000 мм воды при ее напоре 5 см и температуре 10° С, то водопроницаемость провальная, от 1000–500 – излишне высокая, 500–100 – наилучшая, 100–70 – хорошая, от 70 до 30 – удовлетворительная, менее 30 мм – неудовлетворительная.

В районах с большим количеством осадков низкая водопроницаемость почв служит причиной их переувлажнения, а при наличии уклона местности – формирования поверхностного стока и развития эрозии. Когда же водопроницаемость очень высокая, в корнеобитаемом слое почвы не происходит накопления запаса влаги, необходимого для нормального развития растений, а в орошаемом земледелии имеют место большие потери поливной воды, теряющейся на фильтрацию и пополняющей грунтовые воды.

Водоподъемная способность – свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней влаги за счет капиллярных сил.

Благодаря водоподъемной способности почв растения дополнительно снабжаются влагой, поступающей из грунтовых вод. Это особенно важно в засушливых регионах. Однако при близком залегании грунтовых вод к поверхности может произойти заболачивание, а когда они минерализованные – засоление почв.

Водоудерживающая способность – свойство почвы удерживать от стекания воду, содержащуюся в ней, под влиянием силы тяжести сорбционными и капиллярными силами. Количественно водоудерживающую способность почвы характеризует ее влагоемкость.

Влагоемкость почвы – количество воды, которое способна удержать почва теми или иными силами. В зависимости от сил, удерживающих влагу в почве, выделяют несколько видов влагоемкости.

Максимальная адсорбционная влагоемкость (МAB) – наибольшее количество прочносвязанной воды, удерживаемое сорбционными силами. В почвенной практике эту величину используют редко. Гораздо более важное практическое значение имеют показатели гигроскопической влажности и максимальной гигроскопической влажности.

Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ) – наибольшее количество рыхлосвязанной (пленочной) воды, удерживаемое силами молекулярного притяжения на поверхности почвенных частиц. Эта величина зависит в основном от гранулометрического состава почв. В глинистых почвах она достигает 25–30 % и на 70–75 % заполняет поровое пространство, уменьшая таким образом содержание свободной влаги и воздуха. В песчаных почвах ММВ не превышает 2–5 %. Увеличение запасов воды в почве сверх ММВ сопровождается появлением подвижной капиллярной или даже гравитационной воды.

Предельно-полевая влагоемкость ППВ (НВ) – наибольшее количество воды, которое может удерживать почва после стекания гравитационной влаги при глубоком залегании грунтовых вод. Величина полевой влагоемкости зависит от содержания гумуса, оструктуренности и гранулометрического состава почвы. Оценка ПВ различных по гранулометрическому составу почв приведена в табл. 1.

Таблица 1

Оценка полевой влагоемкости почв (по Н. А. Качинскому)

Почвы по гранулометрическому составу	Влагоемкость, % от массы сухой почвы	Оценка
Тяжелые	40–50	Наилучшая
Легкие	30–40	Хорошая
	25–30	Удовлетворительная
	< 25	Неудовлетворительная для пахотного слоя
	20–25	Характерна для пахотного слоя культурной песчаной почвы
	Не менее 10	Можно возделывать полевые культуры
	Не менее 3–5	Могут произрастать лесные культуры

Капиллярная влагоемкость (КВ) – максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которое содержится в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы. Этот показатель зависит в основном от пористости почвы и от того, на каком расстоянии от зеркала грунтовых вод находится слой, насыщаемый капиллярной влагой. Чем ближе слой почвы к зеркалу грунтовых вод, тем выше его капиллярная влагоемкость. В нижней части капиллярной каймы практически все поры заполнены водой.

Полная влагоемкость (ПВ) – наибольшее количество влаги, которое содержится в почве при условии полного заполнения всех пор водой. Следовательно, ПВ соответствует общей пористости почвы. Однако полного заполнения всех пор водой не происходит, поскольку в почве присутствует так называемый заземленный воздух, на долю которого приходится до 10 % от общей пористости.

При полной влагоемкости в почве содержится максимально возможное количество всех форм влаги: прочно- и рыхлосвязанной, капиллярной и гравитационной. Поэтому ПВ характеризует водовместимость почвы.

3.1. Определение полной влагоемкости

Определение полной влагоемкости можно проводить в почве с ненарушенным сложением, а также в растертых образцах.

Ход анализа

1. Перед взятием пробы на сетчатое дно цилиндра кладут кружок фильтровальной бумаги и цилиндр без крышки, но с сеткой, взвешивают на теххимических весах.
2. Буром, в который вставляют цилиндр высотой около 10 см и диаметром 5 см, берут пробу почвы с нена-

рушенным сложением, равномерно и строго вертикально ввинчивая его в почву.

3. Цилиндр вынимают из бура, закрывают крышкой и переносят в лабораторию.

4. В лаборатории снимают крышки, на дно цилиндра надевают металлическую сетку и цилиндр с образцом почвы взвешивают.

5. При работе с растертыми образцами почву насыпают в цилиндр с сетчатым дном примерно на 2/3 объема, уплотняя по мере насыпания постукиванием дна о ладонь руки, и взвешивают.

6. Взвешенный цилиндр помещают в кристаллизатор и наливают воду так, чтобы она достигла уровня почвы в цилиндре. Цилиндр покрывают сверху стеклом и оставляют на сутки. За это время вода заполнит все поры в почве.

7. Через сутки цилиндр с почвой вынимают, быстро закрывают снизу крышкой, вытирают наружные стенки фильтровальной бумагой и взвешивают на теххимических весах.

8. Для проверки полноты насыщения цилиндр вновь на сутки помещают в чашку с водой и повторно взвешивают.

Величину полной влагоемкости вычисляют по формуле

$$W = \frac{d - c + a}{c - a - b} \cdot 100,$$

где W – полная влагоемкость, % к сухой почве;

a – количество воды в почве до насыщения (вычисляют по величине влажности почвы);

b – масса пустого цилиндра с металлической сеткой и кружком фильтровальной бумаги, г;

c – масса цилиндра с образцом почвы до насыщения водой, г;

d – масса цилиндра с образцом почвы после насыщения, г.

Расчетным методом полную влагоемкость (%) вычисляют по формуле

$$W = \frac{P}{d_v},$$

где P – общая пористость, %;

d_v – объемная масса, г/см³.

3.2. Определение капиллярной влагоемкости в лабораторных условиях

Металлический цилиндр с почвой помещают в специальную ванночку с водой, так, чтобы сетчатое дно цилиндра стояло на фильтровальной бумаге, концы которой опущены в воду. Вода по порам бумаги передвигается в почву, и происходит ее капиллярное насыщение.

Через каждые сутки цилиндр взвешивают на технических весах до тех пор, пока масса не будет постоянной. Это укажет на то, что почва достигла полного капиллярного насыщения. На основании последнего взвешивания и данных, полученных при определении плотности почвы, рассчитывают капиллярную влагоемкость (%) по формуле

$$KB = \frac{100(B - E)}{E},$$

где B – масса почвы в цилиндре после насыщения, г;

E – масса сухой почвы в цилиндре, г.

Массу сухой почвы (г) вычисляют по формуле

$$E = \frac{A \cdot 100}{100 + W},$$

где A – масса воздушно-сухой почвы в цилиндре, г;

W – гигроскопическая влажность, %.

4. ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ

Почва как многофазная, полидисперсная система способна поглощать и удерживать воду. *Содержание влаги в процентах к массе сухой почвы (высушенной при 105 °С) характеризует влажность почвы.* Её можно выражать в процентах от объема, в метрах кубических на 1 га, миллиметрах водного слоя. Влажность может быть от избыточной до влажности завядания (ВЗ).

Основным источником воды в неорошаемом земледелии являются атмосферные осадки. Вода в почву может поступать из грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы, при орошении.

Почвенная влага является одним из важнейших факторов образования почв и их плодородия. От её содержания зависит интенсивность физиологических, химических, физико-химических и биологических процессов. С почвенной влагой связаны процессы выноса, перемещения и аккумуляции веществ, формирования генетических горизонтов и профиля почвы в целом. Вода выступает в качестве терморегулятора, определяя тепловой режим почв. С её динамикой в почве тесно связаны воздушный и окислительно-восстановительный режимы. Передвигаясь по поверхности почвы, вода вызывает эрозию. Избыток воды в почве приводит к оглеению, заболачиванию, а поднятие по капиллярам и испарение минерализованных грунтовых вод вызывает развитие таких негативных процессов, как засоление и осолонцевание.

Влажность почвы влияет на агрофизические свойства: плотность, набухание, липкость, способность к крошению и образованию агрегатов – спелость почвы, а также на эффективность действия внесенных в почву удобрений и мелиорантов.

Жизнь зеленых растений невозможна без воды. Растения на 80–90 % состоят из воды, а на создание 1 г сухого вещества потребляют от 200 до 1000 г воды. С водой в растения поступают элементы питания. Растения нормально развиваются только при постоянном и достаточном количестве влаги в почве.

Регулируя количество воды в почве, можно сравнительно легко управлять многими ее свойствами, осуществлять гидромелиорацию.

4.1. Определение полевой влажности почвы весовым методом

В полевых условиях пробы для определения влажности почвы берут специальным почвенным буром из скважины или ножом со стенки разреза. При изучении водно-физических свойств влажность почвы определяют по всей корнеобитаемой толще (1,0–1,5 м), при почвенно-мелиоративных исследованиях – до глубины уровня грунтовых вод, а при глубоком их залегании – до 3 м.

Из пахотного горизонта берут одну пробу на всю его мощность (0–20 см) или несколько проб из разных его слоев (0–5, 5–10 см), затем каждые 10 см (10–20, 20–30 и т.д.) до глубины 1 м.

При изучении динамики влажности почв пробы отбирают один раз в декаду. Параллельно учитывают количество и характер выпадающих осадков.

Ход анализа

1. Высушенный в сушильном шкафу бюкс (алюминевый стаканчик) взвешивают на теххимических весах.

2. Образец исследуемой почвы 10–20 г помещают в бюкс, закрывают крышкой и снова взвешивают.

3. Бюкс с почвой открывают, крышку надевают на дно бюкса, помещают в сушильный шкаф при температуре 100–105 °С и сушат до постоянной массы.

4. Теплый бюкс с почвой закрывают крышкой, переносят в эксикатор, на дне которого находится хлористый кальций.

5. После охлаждения в эксикаторе бюкс взвешивают. Влажность почвы (%) вычисляют по формуле

$$W = \frac{a \cdot 100}{c},$$

где a – масса испарившейся воды, г;

c – масса сухой почвы, г.

Результат анализа записывают в форму 1.

Форма 1

Глубина взятия образца, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испарившейся воды, г	Масса сухой почвы, г	Полевая влажность, %
		пустого	с почвой до сушки	с почвой после сушки			
		b	d	e	a $(d - e)$	c $(e - b)$	W

Полевая влажность оказывает существенное влияние на сроки и качество обработки почвы. В практике сельского хозяйства о наступлении физической спелости судят по влажности почвы (табл. 2).

Таблица 2

Границы полевой влажности (%) для пригодности к обработке различных типов почв

Типы почв	Пригодная для обработки граница влажности		Агротехнически допустимая влажность
	нижняя, глыбообразования	верхняя, залипания	
Дерново-подзолистые	11	22	12–21
Серые лесные	14	24	15–23
Черноземы	13	25	15–24
Каштановые	12	24	13–23

4.2. Определение гигроскопической влажности

Для большинства анализов в лаборатории используют воздушно-сухие почвенные пробы. Такая почва всегда содержит некоторое количество влаги вследствие сорбции из воздуха паров воды почвенными частицами.

Способность почвы сорбировать парообразную воду называют гигроскопичностью, а влагу, поглощенную таким путем, – гигроскопической.

Содержание гигроскопической воды в почве зависит от гранулометрического, химического, минералогического состава и относительной влажности воздуха. *Наибольшее количество парообразной влаги, которое может поглотить почва при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, называется максимальной гигроскопической влажностью.*

Гигроскопическая влага сорбируется на поверхности коллоидных частиц в виде дипольных молекул воды в несколько слоев и удерживается силами, во много раз превышающими сосущую силу корней растений, поэтому она недоступна для них.

Значение анализа. Гигроскопическую влагу определяют при изучении форм воды в почвах, для вычисления коэффициента гигроскопичности, который необходим для пересчета результатов анализа на абсолютно сухую почву, т. е. почву, не содержащую гигроскопическую воду.

Принцип метода. Навеску воздушно-сухой почвы высушивают в сушильном шкафу при 105 °С и взвешивают.

Ход анализа

1. Высушенный в сушильном шкафу бюкс взвешивают на аналитических весах.
2. В бюкс на аналитических весах берут навеску около 5 г воздушно-сухой почвы.

3. Бюкс с почвой (при открытой крышке) помещают в сушильный шкаф на 5 ч при температуре 105 °С.

4. После высушивания бюкс закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе с CaCl_2 и взвешивают на аналитических весах.

Результат анализа записывают в форму 2.

Форма 2

Глубина взятия образца, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испарившейся воды, г	Масса сухой почвы, г	Гигроскопическая вода, %
		пустого	с почвой до сушки	с почвой после сушки			
		b	d	e	a $(d - e)$	c $(e - b)$	W_r

Гигроскопическую влажность ($W_r, \%$) вычисляют по формуле

$$W_r = \frac{a \cdot 100}{c},$$

где a – масса испарившейся воды, г;

c – масса сухой почвы, г.

Коэффициент гигроскопичности рассчитывают по формуле

$$K_r = \frac{100 + W_r}{100},$$

где W_r – гигроскопическая вода, %.

4.3. Определение максимальной гигроскопической влажности по методу А. В. Николаева

Значение анализа. Данные о максимальной гигроскопичности дают возможность вычислить влажность завядания растений, или коэффициент завядания. Эмпирически установлено, что влажность завядания (%) равна полуторной максимальной гигроскопичности. На основании данных о влажности завядания и общем содержании влаги

вычисляют запасы труднодоступной и продуктивной влаги в почве, необходимой для формирования урожая.

Принцип метода. Максимальная гигроскопическая вода определяется выдерживанием навески почвы в эксикаторе, где относительная влажность воздуха $\geq 98\%$, до постоянной массы с последующим высушиванием и взвешиванием.

Ход анализа

1. Высушенный в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С и охлажденный в эксикаторе с CaCl_2 на дне бюкс взвешивают на аналитических весах.

2. Помещают в этот бюкс 10 г воздушно-сухой почвы.

3. Открытый бюкс с почвой помещают в эксикатор, на дне которого находится насыщенный раствор K_2SO_4 . В эксикаторе создается влажность около 98–99 %. Эксикатор плотно закрывают крышкой, ставят в темное место с относительно постоянной температурой.

4. По достижении максимального насыщения почвы парообразной влагой бюкс с почвой взвешивают на аналитических весах.

5. Ставят бюкс в сушильный шкаф и высушивают при $t\ 105\text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы, охлаждают и взвешивают на аналитических весах.

Результаты анализа записывают в форму 3.

Форма 3

Глубина взятия образца, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испарившейся воды, г	Масса сухой почвы, г	Максимальная гигроскопическая вода, %
		пустого	с почвой после насыщения	с почвой после сушки			
		<i>b</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>a</i> (<i>d – e</i>)	<i>c</i> (<i>e – b</i>)	МГ

Максимальную гигроскопическую влажность (%) вычисляют по формуле

$$МГ = \frac{a}{c} \cdot 100 \%$$

Величину МГ используют для нахождения влажности завядания растений (ВЗ).

Влажность завядания – влажность почвы, при которой наступает устойчивое завядание растений. Первые признаки завядания – потеря тургора. Содержание воды в почве, соответствующее ВЗ, – нижний предел влаги, доступный для растений. Вся влага до ВЗ включительно является недоступной для растений. Ориентировочно ВЗ приравнивают к 1,5 МГ:

$$\begin{aligned} ВЗ &= МГ \cdot 1,5; \\ ЗТВ &= ВЗ \cdot H \cdot d_v; \\ ОЗВ &= W \cdot H \cdot d_v. \end{aligned}$$

Кроме косвенных подсчетов запасов недоступной влаги в почве существуют прямые – биологические методы ее определения:

$$\begin{aligned} ЗПВ &= (W - ВЗ) \cdot H \cdot d_v; \\ ЗПВ &= ОЗВ - ЗТВ, \end{aligned}$$

где ЗТВ – запас недоступной влаги, м³/га;

ОЗВ – общий запас влаги, м³/га;

ЗПВ – запас продуктивной (доступной растениям) влаги, м³/га;

H – мощность слоя почвы или горизонта, см;

d_v – плотность почвы, г/см³.

В связи с тем, что количество выпадающих осадков измеряют в миллиметрах водного столба, целесообразно запасы влаги в почве выражать в этих же единицах. Поскольку запас воды 1 м³/га соответствует 0,1 мм водного столба, вычисления производят по формуле

$$ОЗВ (мм) = 0,1 \cdot W \cdot H \cdot d_v.$$

Для определения запаса влаги ($\text{м}^3/\text{га}$) в заданной толще почвы производят вычисления по отдельным горизонтам или слоям и суммируют полученные результаты для необходимого слоя:

$$\text{ЗВ} = W_1 \cdot H_1 \cdot d_{v1} + W_2 \cdot H_2 \cdot d_{v2} + \dots + W_n \cdot H_n \cdot d_{vn},$$

где W_1, H_1, d_{v1} – соответственно влажность, %; мощность, см; плотность, $\text{г}/\text{см}^3$, первого слоя;

W_2, H_2, d_{v2} – второго слоя и т. д.

При оценке запасов влаги в почве различают общий запас влаги (ОЗВ), запас недоступной влаги (ЗНВ) и запас продуктивной влаги (ЗПВ) (табл. 3).

Таблица 3

Оценка запасов влаги

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Оценка запасов продуктивной влаги
0–20	> 40	Хорошие
	40–20	Удовлетворительные
	< 20	Неудовлетворительные
0–100	> 160	Очень хорошие
	160–130	Хорошие
	130–90	Удовлетворительные
	90–60	Плохие
	< 60	Очень плохие

В первый период развития растений решающее значение имеют запасы продуктивной влаги в самом верхнем, пахотном слое почвы. Затем растения потребляют влагу и из более глубоких горизонтов почвенного профиля.

Задания для самостоятельной работы

1. Определите количество недоступной влаги в пахотном слое (0–22 см) чернозема выщелоченного при плотности $1,1 \text{ г}/\text{см}^3$ и максимальной гигроскопичности 6,5 %.

2. Рассчитайте количество недоступной влаги в пахотном слое (0–20 см) чернозема оподзоленного при плотности сложения $1,12 \text{ г/см}^3$ и максимальной гигроскопичности 5,8 %.

3. Рассчитайте содержание недоступной влаги в пахотном слое (0–22 см) темно-серой оподзоленной почвы при плотности $1,15 \text{ г/см}^3$ и влажности завядания 8,5 %.

4. Определите количество недоступной влаги в метровой толще чернозема выщелоченного при средней плотности $1,45 \text{ г/см}^3$ и влажности завядания 7,3 %.

5. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0–20 см) чернозема южного, имеющего полевую влажность 16 %, влажность завядания 5,7 %, плотность сложения $1,22 \text{ г/см}^3$.

6. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0–22 см) чернозема выщелоченного, имеющего полевую влажность 26 %, влажность завядания 9,5 %, плотность $1,05 \text{ г/см}^3$.

7. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0–20 см) серой лесной почвы, имеющей полевую влажность 21 %, влажность завядания 5,5 %, плотность сложения $1,2 \text{ г/см}^3$.

8. Определите запас продуктивной влаги в метровой толще чернозема оподзоленного, имеющего полевую влажность 24 %, влажность завядания 8,5 %, плотность $1,45 \text{ г/см}^3$.

9. Чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный, посев кукурузы на силос. Запас влаги в почве перед посевом в слое 0–100 см 215 мм, перед уборкой 155, осадки за вегетационный период 155 мм. Определите общий расход влаги ($\text{м}^3/\text{га}$ и мм).

10. Чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный среднесуглинистый, посев яровой пшеницы. За-

пас влаги в почве перед посевом в слое 0–100 см 360 мм, пред уборкой 210 мм, осадки за вегетационный период 190 мм. Определите общий расход влаги (мм и м³/га).

11. Напишите уравнение водного баланса при промывном типе водного режима. Чему равен коэффициент увлажнения?

12. Напишите уравнение водного баланса при непромывном типе водного режима. Чему равен коэффициент увлажнения?

13. Напишите уравнение водного баланса при выпотном типе водного режима. Чему равен коэффициент увлажнения?

14. Перечислите составляющие расходной части водного баланса.

15. Определите, к какому типу водного режима подходит следующий баланс влаги, рассчитайте коэффициент увлажнения:

15.1. Осадки – 600 мм, поверхностный приток влаги – 100 мм, испарение + транспирация – 450 мм, поверхностный сток – 50 мм.

15.2. Осадки – 450 мм, поверхностный приток – 0, испарение + транспирация – 750 мм, поверхностный сток – 0.

15.3. Осадки – 260 мм, поверхностный приток – 0, испарение + транспирация – 420 мм, поверхностный сток – 80 мм.

15.4. Осадки – 350 мм, поверхностный приток – 50 мм, испарение + транспирация – 340 мм, поверхностный сток – 70 мм.

15.5. Осадки – 550 мм, поверхностный приток – 70 мм, испарение + транспирация – 470 мм, поверхностный сток – 50 мм.

15.6. Осадки – 420 мм, испарение + транспирация – 370 мм, поверхностный сток – 50 мм.

15.7. Осадки – 330 мм, испарение + транспирация – 750 мм, поверхностный приток – 0, поверхностный сток – 0.

15.8. Осадки – 550 мм, поверхностный приток – 60 мм, испарение + транспирация – 750 мм, поверхностный сток – 90 мм.

16. Назовите типы водного режима на территории Новосибирской области.

17. Определите запасы легкодоступной и недоступной влаги в слоях 0–20 и 0–100 см (мм, м³/га) и дайте их оценку по данным табл. 4.

Таблица 4

Водно-физические свойства почв

Глубина, см	d_p , г/см ³	ВЗ	НВ	Влажность, % к массе абсолютно сухой почвы				
		%		20.05	5.06	20.06	5.07	25.07
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–10	1,10	8,0	22,7	21,7	18,7	13,5	13,3	10,0
10–20	1,15	7,1	22,1	22,2	19,3	13,8	14,8	12,0
20–30	1,25	6,2	21,9	20,9	18,6	15,8	15,7	13,5
30–40	1,30	5,2	19,8	19,7	16,4	13,5	14,4	14,0
40–50	1,35	4,2	19,6	19,8	17,3	15,5	15,3	14,5
50–60	1,40	6,4	19,5	19,0	18,8	14,9	16,4	15,8
60–70	1,45	5,8	20,6	18,0	18,0	15,5	15,0	16,0
70–80	1,50	8,0	20,0	18,5	18,5	16,0	16,5	16,0
80–90	1,55	9,0	19,0	18,0	17,8	16,1	16,0	16,4
90–100	1,60	8,0	18,0	17,5	17,0	15,3	16,0	16,5
0–10	0,98	9,5	32,0	28,5	13,8	7,5	8,3	7,9
10–20	1,05	8,6	31,0	26,5	12,5	7,6	8,4	8,5
20–30	1,15	8,1	30,0	24,5	20,8	9,8	8,9	9,6
30–40	1,20	7,0	28,0	22,8	20,5	12,8	10,5	11,0
40–50	1,29	6,8	26,0	21,0	19,0	13,6	11,0	13,8
50–60	1,38	7,3	24,0	20,0	18,5	12,7	13,0	14,5
60–70	1,45	8,9	22,0	19,0	19,0	14,5	14,5	14,9
70–80	1,49	9,5	21,0	18,8	18,6	14,8	14,7	15,0
80–90	1,55	10,0	20,1	18,6	18,2	14,5	13,8	13,8
90–100	1,65	8,6	18,5	17,5	17,4	15,0	14,5	14,2

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–10	1,23	7,5	23,5	26,5	14,8	7,5	4,8	4,6
10–20	1,25	6,8	22,8	26,1	15,7	8,5	5,7	4,9
20–30	1,30	7,6	21,0	23,4	16,8	8,7	6,7	5,9
30–40	1,35	8,6	20,5	21,5	17,5	10,8	8,5	8,9
40–50	1,40	7,5	19,8	18,7	18,4	13,4	10,5	9,7
50–60	1,45	8,0	18,7	18,6	17,6	14,5	12,0	10,6
60–70	1,48	8,0	18,0	17,7	18,0	13,8	13,6	11,7
70–80	1,55	6,8	17,4	17,4	17,5	14,5	14,5	12,0
80–90	1,60	6,9	17,5	17,5	17,6	14,4	14,7	12,5
90–100	1,70	7,3	17,7	17,6	17,5	14,3	14,8	12,8
0–10	1,13	7,0	24,5	16,5	12,0	10,0	7,5	8,8
10–20	1,22	7,1	23,2	16,8	13,6	12,0	7,6	9,0
20–30	1,28	6,0	21,8	16,4	14,8	13,4	8,9	10,5
30–40	1,33	6,5	20,5	18,0	15,7	14,5	10,0	12,0
40–50	1,43	5,5	19,6	20,0	16,8	15,0	15,0	13,4
50–60	1,48	5,8	18,6	18,5	17,0	15,1	15,0	14,5
60–70	1,52	6,0	17,5	16,5	16,0	15,3	14,0	15,6
70–80	1,57	6,4	16,8	16,8	16,9	16,5	15,3	15,8
80–90	1,68	6,5	17,5	17,0	16,5	18,4	15,6	16,0
90–100	1,72	6,1	17,0	17,3	16,4	16,8	16,5	16,0
0–10	1,10	8,0	29,0	30,5	13,5	12,3	9,5	6,5
10–20	1,15	7,5	30,0	31,0	14,5	13,3	8,7	6,8
20–30	1,25	6,0	28,0	29,0	18,8	15,6	10,8	7,8
30–40	1,30	6,2	25,0	25,5	20,0	17,8	12,8	8,9
40–50	1,35	6,1	24,0	24,8	20,0	18,8	14,5	10,0
50–60	1,45	5,9	23,0	24,0	19,0	18,9	15,8	11,0
60–70	1,50	5,8	21,0	21,8	18,5	18,5	16,7	12,0
70–80	1,60	6,5	19,0	19,6	19,2	19,3	18,7	13,6
80–90	1,65	6,7	18,0	18,8	18,3	18,4	18,0	15,0
90–100	1,70	6,5	17,0	17,6	17,2	17,1	18,6	16,1
0–10	1,20	8,5	21,0	23,4	15,6	14,4	9,6	7,5
10–20	1,25	7,0	21,5	23,6	15,9	14,8	10,1	6,8
20–30	1,35	7,0	20,1	21,0	16,0	13,5	11,0	7,0
30–40	1,40	6,0	19,6	20,6	16,5	12,7	11,0	10,0
40–50	1,45	4,5	19,0	20,8	16,8	13,0	11,5	11,0
50–60	1,55	5,5	18,5	19,7	15,7	12,1	11,6	11,5
60–70	1,60	4,0	18,0	19,8	16,0	11,6	10,8	11,6
70–80	1,65	4,1	17,5	20,5	16,1	11,8	11,5	12,0
80–90	1,65	3,8	17,0	18,8	16,4	12,7	12,6	12,3
90–100	1,70	4,0	16,5	19,6	16,2	13,6	13,3	13,4

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–10	1,06	10,0	32,6	32,0	18,6	8,7	7,5	10,8
10–20	1,30	14,1	36,1	31,0	19,0	9,0	7,0	7,6
20–30	1,40	14,2	27,2	28,0	21,0	15,0	8,5	8,8
30–40	1,37	16,3	26,6	26,5	14,8	7,5	4,9	4,6
40–50	1,39	15,0	23,5	26,1	15,7	8,6	5,8	4,9
50–60	1,41	14,9	29,0	23,4	16,8	8,7	6,7	5,9
60–70	1,57	11,6	20,0	24,0	20,0	16,8	10,8	11,0
70–80	1,58	13,0	20,0	21,5	17,5	10,8	8,5	8,9
80–90	1,60	14,4	25,0	18,7	18,4	13,8	10,5	9,7
90–100	1,64	15,2	18,0	18,0	18,0	17,5	17,4	14,5
0–10	1,05	9,8	31,0	28,5	16,0	10,8	9,5	14,0
10–20	1,08	9,0	30,0	28,3	16,8	10,7	8,9	14,5
20–30	1,11	8,8	29,5	28,0	15,5	9,6	10,4	17,5
30–40	1,15	8,5	28,6	26,5	19,7	14,0	12,7	10,5
40–50	1,20	8,0	28,1	26,0	18,8	13,2	11,0	12,6
50–60	1,25	7,9	26,0	25,7	18,5	12,4	10,1	13,8
60–70	1,35	7,3	24,8	25,0	19,2	13,7	14,5	14,7
70–80	1,45	9,0	23,6	23,8	18,6	14,5	14,6	15,8
80–90	1,52	9,8	21,0	23,6	18,0	14,0	13,8	15,2
90–100	1,58	8,8	19,4	21,4	17,3	14,4	14,2	13,6
0–10	1,20	7,5	25,0	24,5	15,0	12,0	10,5	8,0
10–20	1,25	7,4	25,8	24,0	16,0	12,5	11,0	8,7
20–30	1,30	6,8	22,0	21,0	16,0	13,0	11,8	7,5
30–40	1,35	6,5	22,8	20,0	17,0	12,8	12,0	8,9
40–50	1,40	7,5	20,0	20,0	17,5	12,7	10,0	11,5
50–60	1,45	8,0	19,8	19,6	17,6	13,0	12,0	11,6
60–70	1,50	4,9	19,0	19,3	18,5	14,5	12,0	11,0
70–80	1,55	5,3	18,5	18,0	18,0	14,0	12,0	11,0
80–90	1,60	5,8	18,0	17,6	16,6	13,5	12,5	10,5
90–100	1,65	6,0	17,0	17,0	15,0	13,8	12,6	12,0

18. По данным табл. 5 рассчитайте недоступный, продуктивный, фактический запас влаги и дефицит влаги в почве. Дайте оценку запасам продуктивной влаги.

Таблица 5

Водно-физические свойства почв

Слой почвы, h , см	Плотность почвы d_v , г / см ³	Максимальная гигроскопическая влажность $\Gamma_{\text{макс}}$, %	Влажность почвы W , %	Предельно-полевая влагоёмкость ППВ (НВ), %
0–50	1,15	4,0	15,5	25
50–100	1,45	5,5	17,9	21,5
0–50	1,12	11,5	21,0	32,4
50–100	1,35	10,6	19,5	25,5
0–50	1,13	12	18,8	36,2
50–100	1,5	10	20,9	32,6
0–50	1,20	10	20,4	28,0
50–100	1,55	7,5	16,7	20,2
0–50	1,17	12,6	26,5	43,0
50–100	1,44	10,9	24,3	30,4
0–50	1,25	5,4	18,4	21,5
50–100	1,54	5,1	14,6	17,7
0–50	1,15	10,5	24,5	30,9
50–100	1,42	12,7	27,0	31,0
0–20	1,17	9,1	13,4	24,7
20–100	1,42	9,5	15,1	21,4
0–20	0,9	6,3	17,8	22,4
20–100	1,38	7,4	15,4	20,5
0–20	1,05	4,6	18,4	22,7
20–100	1,45	9,3	21,6	28,5
0–20	1,2	5,65	9,4	25,7
20–100	1,36	5,48	17,5	21,6
0–20	1,28	4,8	15,5	28,6
20–100	1,6	6,5	18,4	22,4
0–20	1,04	7,08	19,6	34,5
20–100	1,35	5,80	17,8	23,6

Пример расчета запасов влаги в почве (табл. 6)

Таблица 6

Водно-физические свойства чернозема выщелоченного

Слой почвы, h , см	Плотность почвы d_v , г / см ³	Максимальная гигроскопическая влажность $\Gamma_{\text{макс}}$, %	Влажность почвы W , %	Предельно-полевая влагоёмкость ППВ (НВ), %
0–50	1,15	7,0	18,3	29,6
50–100	1,35	5,6	16,5	21,4

Влажность завядания и запас недоступной влаги для слоя 0–50 см:

$BЗ = 7,0 \times 1,5 = 10,5\%$; $ЗНВ = 10,5 \times 1,15 \times 50 = 603,75 \text{ м}^3/\text{га}$

Для слоя 50–100 см: $BЗ = 5,6 \times 1,5 = 8,4\%$; $ЗНВ = 8,4 \times 1,15 \times 50 = 567 \text{ м}^3/\text{га}$

Запас недоступной влаги для слоя 0–100 см: $ЗНВ = 603,7 + 567 = 1170,7 \text{ м}^3/\text{га}$, или 117,07 мм

Фактический запас влаги в почве

Для слоя 0–50 см: $ЗВ = 18,3 \times 1,15 \times 50 = 1052,25 \text{ м}^3/\text{га}$

Для слоя 50–100 см: $ЗВ = 16,5 \times 1,15 \times 50 = 1113,75 \text{ м}^3/\text{га}$

Для слоя 0–100: $ЗВ = 1052,25 + 1113,75 = 2166 \text{ м}^3/\text{га}$

Запас продуктивной влаги $ЗПВ = 216,6 - 117,07 = 99,53 \text{ мм}$ (удовлетворительный)

Диапазон продуктивной влаги

Для слоя 0–50 см: $ДПВ = 29,6 - 10,5 = 19,1\% \times 1,15 \times 50 = 1098,25 \text{ м}^3/\text{га}$, или 109,82 мм

Для слоя 50–100 см: $ДПВ = 21,4 - 8,4 = 17\% \times 1,15 \times 50 = 1147,5 \text{ м}^3/\text{га}$, или 114,75 мм

Для слоя 0–100 см: $ДПВ = 109,82 + 114,75 = 224,57 \text{ мм}$ (запасы влаги очень хорошие)

Дефицит влаги в почве $ДВ = 29,6 \times 1,15 \times 50 + 21,4 \times 1,15 \times 50 - 2166 = 3146,5 - 2166 = 980,5 \text{ м}^3/\text{га}$, или 98,05 мм

Вопросы для самоконтроля

1. Какова роль воды в почвообразовании и жизни растений?

2. На какие категории подразделяют почвенную влагу?

3. Охарактеризуйте основные водные свойства почв.

4. Назовите почвенно-гидрологические константы и дайте их характеристику.

5. Дайте определение понятия «влажность почв». Общий, продуктивный запас влаги в почве: расчет и оценка.

6. Водный режим почв и характеристика основных типов водного режима.

7. Охарактеризуйте виды влагоёмкости почв.
8. Источники воды в почве и ее баланс.
9. Грунтовые воды и их влияние на почвообразование и агрономические свойства почв.
10. Какая влага относится к продуктивной, каков её диапазон в почве?
11. Какие категории влаги недоступны растениям?
12. При каких гидрологических константах происходит наиболее полное поглощение влаги растениями?
13. Какова максимальная высота подъёма влаги в супесчаных и глинистых почвах?
14. Укажите диапазон активной влаги.
15. В каких почвах ВЗ характеризуется наибольшими величинами? Приведите примерные данные.
16. Какие приемы используют для оптимизации водного режима почв в засушливых регионах?
17. Какими приемами регулируют водный режим почв в зоне избыточного увлажнения?
18. Методы определения влажности почв: полевой, гигроскопической и максимальной гигроскопической.
19. Методы определения водных свойств почв. Определение капиллярной и полной влагоемкости в лабораторных условиях.

5. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЛИВНЫХ ВОД И ОЦЕНКА ИХ КАЧЕСТВА

Цель работы – определить общую концентрацию солей в поливной воде, содержание CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Дать оценку качества поливной воды по концентрации солей, содержанию в них натрия и магния.

Правила отбора воды на анализ. Отбор проб оросительной воды на анализ является важнейшей операцией, предшествующей гидрохимическому исследованию.

Ошибки, допущенные при этом, в отличие от аналитических ошибок, нельзя исправить, и они могут привести к искажению всех дальнейших построений.

Основными требованиями при опробовании вод являются: неизменность их состава за период от отбора до анализа и достаточный объем для всех запланированных определений. При отборе проб воды необходимо соблюдать определенные правила: чистота употребляемой посуды; предварительная промывка ее несколькими объемами исследуемой воды; герметичность (предотвращение газового обмена); наличие небольшого объема газа (в стеклянной посуде) для предотвращения разгерметизации при термическом расширении; хранение в темноте и при возможно более низкой температуре (уменьшение микробиологических изменений); предотвращение возможности замерзания; четкая сопроводительная документация; хорошая упаковка при транспортировке для предотвращения боя стекла.

Ряд компонентов (pH, Eh, O_2 , Fe^{2+} и др.) лучше определять сразу при отборе пробы. После вскрытия пробы последовательность определений должна быть следующей: физические свойства, pH, H_2S , CO_2 , CO_3^{2-} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , NO_3^- , NH_4^+ (в день вскрытия), окисляемость, HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Cl^- , сухой остаток. Определение ряда компонентов (свободная и связанная углекислота, агрессивная углекислота, сероводород, железо, растворенный кислород, многие микроэлементы) проводят из специальных проб, отобранных с применением консервирующих средств.

При анализе химического состава поливных вод основным объектом исследования являются растворенные в воде вещества, которые и определяют ее свойства. Основную часть минеральных веществ, находящихся в растворе, составляют: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ .

В некоторых сильноокислых подземных водах содержатся значительные количества Fe и Al, в некоторых

типах поверхностных и болотных вод – повышенное количество ионов NO_3^- и NH_4^+ , органического вещества, довольно значительное количество микроэлементов.

Определение сухого остатка в химическом анализе имеет большое практическое значение. Эта величина позволяет не только характеризовать общую минерализацию воды, но и контролировать качество выполненного анализа, при правильности которого общее содержание найденных веществ должно быть близко к величине сухого остатка.

1. 50 мл отфильтрованной воды выпаривают на водяной бане в предварительно высушенной и взвешенной на аналитических весах фарфоровой чашке.

2. Сухой остаток высушивают в термостате при $110\text{ }^\circ\text{C}$ 3ч и после охлаждения в эксикаторе взвешивают на аналитических весах.

3. По разности массы пустой чашки и чашки с сухим остатком определяют массу сухого остатка во взятом объеме воды.

4. Пересчет на 1 л воды производится по формуле

$$\text{Сух. ост.} = \frac{a \cdot 100}{V},$$

где Сух. ост. – сухой остаток, мг/л;

a – масса сухого остатка, г;

V – объем воды, взятой на выпаривание.

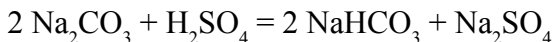
Определение щелочности воды. Общая щелочность поливных вод обусловлена анионами HCO_3^- , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} и анионами, гидролизующимися с образованием ионов OH^- . За общую щелочность принимают содержание HCO_3^- и CO_3^{2-} , так как содержание других ионов и органических кислот невелико.

Определение щелочности, вызываемой нормальными карбонатами

1. 25 мл воды помещают в колбу емкостью 100 мл.

2. Прибавляют 2 капли фенолфталеина, который диссоциирует только при резко-щелочной реакции (рН 8,3–8,4). Появление красной окраски свидетельствует о наличии нормальных карбонатов.

3. Раствор титруют 0,02 н. H_2SO_4 до обесцвечивания, реакция идет по уравнению



Содержание CO_3^{2-} рассчитывают по формуле

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2 \cdot a \cdot n \cdot 1000}{V} \text{ (мг-экв/л)}$$

или

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2 \cdot a \cdot n \cdot 30 \cdot 1000}{V} \text{ (мг/л)},$$

где a – количество израсходованной кислоты, мл;

n – нормальность кислоты;

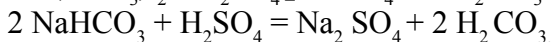
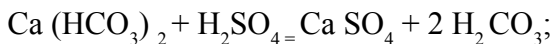
V – количество воды, взятой для определения, мл;

2 – коэффициент для перевода бикарбонатов в карбонаты;

30 – эквивалентная масса CO_3^{2-} .

Определение общей щелочности

1. В ту же колбу, где определяли CO_3^{2-} , прибавляют 3 капли метилоранжа и титруют той же кислотой до перехода желтой окраски в розовую. Реакция протекает по уравнениям



Все количество 0,02 н. H_2SO_4 , пошедшей на титрование в присутствии фенолфталеина и метилоранжа, будет соответствовать общей щелочности во взятом объеме воды. Вычисляют ее по формуле:

$$\text{HCO}_3^- = \frac{(a + m) \cdot n \cdot 1000}{V} \text{ (мг-экв/л)}$$

или

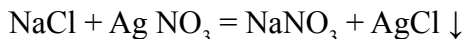
$$\text{HCO}_3^- = \frac{(a + m) \cdot n \cdot 61 \cdot 1000}{V} \text{ (мг/л)},$$

где a – объем кислоты, израсходованной на определение щелочности от нормальных карбонатов, мл;
 m – объем кислоты, затраченной на определение щелочности, вызванной бикарбонатами, мл;
 n – нормальность кислоты;
 V – объем воды, взятой для титрования, мл;
 61 – эквивалентная масса HCO_3^- .

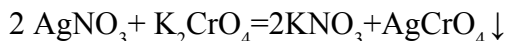
Определение хлорид-ионов

1. В колбы, в которых определяли щелочность, прибавляют по 1мл 10% -го раствора K_2CrO_4 .

2. Титруют 0,01н. раствором AgNO_3 до появления красноватой окраски, вторая колба – «свидетель». Реакция идет по уравнению



При этом выпадает осадок AgCl белого цвета. Когда весь хлор будет связан с серебром, последнее вступает в реакцию с K_2CrO_4 :



Хромово-кислое серебро дает осадок красноватого цвета, появление которого определяет конец титрования. Количество хлорид-иона в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Cl}^- = \frac{a \cdot n \cdot 100}{C \cdot V} \text{ (мг-экв /л)}$$

или

$$\text{Cl}^- = \frac{\text{мг-эквCl}^- \cdot 35,5}{1000} \text{ (мг/л)},$$

где a – объем AgNO_3 , затраченного на титрование, мл;

n – нормальность раствора;

V – объем воды, взятой для титрования, мл;

35,5 – эквивалентная масса хлора;

Определение сульфат-ионов. Перед количественным определением сульфат-ионов проводят качественную пробу на их наличие в воде: 10 мл воды подкисля-

ют 1–2 каплями 10 % -й HCl, прибавляют 1 мл 10 %-го раствора хлористого бария, нагревают до кипения. Если раствор не помутнеет, SO_4^{2-} нет, если выпадает осадок, необходимо количественное определение.

1. 50 мл воды помещают в стакан объемом 100 мл.

2. Добавляют 1–2 мл 10 %-го раствора соляной кислоты и доводят до кипения.

3. В кипящий раствор приливают 10 мл горячего 10 %-го раствора BaCl_2 .

4. Кипятят 3–5 мин, затем оставляют в теплом месте на 15–18 ч.

5. Раствор отфильтровывают через плотный фильтр, перенося на него осадок лишь в конце фильтрования.

6. Осадок на фильтре и стакан тщательно промывают дистиллированной водой до полного удаления бария (проба с 5 %-й серной кислотой).

7. Осадок с фильтром подсушивают и переносят в маленький прокаленный и взвешенный тигель.

8. Прокаливают сначала слабо, затем сильно, пока осадок не станет белым.

9. Тигель с осадком охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

$$\text{SO}_4^{2-} = \frac{a \cdot 0,4114 \cdot 1000}{V} \text{ (г/л)},$$

где a – масса осадка BaSO_4 , г;

0,4114 – коэффициент перевода BaSO_4 в SO_4^{2-} ;

V – объем воды, взятой для определения, мл.

Определение кальция и магния (трилонометрически). Метод основан на свойстве трилона Б давать устойчивые комплексные соединения с ионами двухвалентных металлов. Определение производится путем титрования исследуемой пробы раствором трилона Б в присутствии индикатора хромогена черного, в комплексе сначала связываются ионы кальция, а затем и магния.

Определение суммы кальция и магния

1. В колбу объемом 100 мл помещают 50 мл воды.
2. Добавляют из бюретки 5 мл хлоридно-аммиачного буфера и 15 капель индикатора хромогена черного. Раствор окрасится в вишнево-красный цвет.
3. Оттитровывают 0,05 н. раствором трилона Б до появления синей окраски. При титровании раствор необходимо постоянно перемешивать. Вишнево-красный цвет жидкости вблизи точки эквивалентности приобретает лиловую окраску, после чего титруют медленно.

Содержание Са и Mg в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = \frac{a \cdot n \cdot 100}{V} \text{ (мг-экв / л)},$$

где a – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;
 n – нормальность трилона Б;
 V – общее количество воды, взятой для определения, мл.

Определение кальция

1. В колбу объемом 100 мл пипеткой приливают 50 мл воды.
2. Добавляют 2 мл 10 % -го раствора NaOH (для доведения pH раствора до 12) и всыпают лопаточкой мурексид. Раствор окрашивается в малиновый цвет.
3. Титруют 0,05 н. раствором трилона Б до перехода окраски в лиловый цвет. Титруют медленно при постоянном помешивании.

Содержание кальция в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{a \cdot n \cdot 1000}{V} \text{ (мг-экв / л)},$$

где a – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;
 n – нормальность трилона Б;

V – объем исследуемой воды, мл.

Для пересчета в миллиграммы на литр полученное количество миллиграмм-эквивалентов умножают на эквивалентную массу $\text{Ca} - 20$.

Определение магния

Содержание магния в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - \text{Ca}^{2+}.$$

Для пересчета в миллиграммы на литр полученное количество миллиграмм-эквивалентов умножают на эквивалентную массу $\text{Mg} - 12$.

Определение натрия и калия проводят методом фотометрии. Иногда содержание натрия устанавливают путем вычисления. Оно основано на том, что в воде сумма анионов эквивалентна сумме катионов:

$$\text{мг-экв Na}^+ = \text{мг-экв} (\text{HCO}_3^- + \text{Cl} + \text{SO}_4^{2-}) - \text{мг-экв} (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Для пересчета в миллиграммы на литр полученное количество миллиграмм-эквивалентов умножают на эквивалентную массу $\text{Na} - 23$.

Определение натрия фотометрически производится согласно инструкции к пламенному фотометру.

Мелиоративная оценка минерализации оросительных вод. Пригодность воды для орошения определяется количеством и химическим составом легкорастворимых в воде солей, особенностями орошаемой культуры, климатическими условиями и агротехникой, а также сравнением свойств неорошаемых и длительно орошаемых участков почвы. Известно, что одна и та же по составу вода по-разному влияет на почвы с разными свойствами. Методы оценки основываются на опасности вторичного засоления почв, засоления и осолонцевания.

Первичную оценку воды для орошения проводят по классификациям А.Н. Костякова и Л.П. Розова (1956). За основу принята величина плотного остатка солей. Согласно этому, воды с содержанием солей более 4 г/л считаются недопустимыми для орошения. По содержанию легкорастворимых солей воды с минерализацией 0,2–0,5 г/л считаются хорошими, 1–2 – опасными в отношении засоления, а 3–7 г/л – могут использоваться для орошения только в порядке исключения при наличии идеального дренажа и поливах промывного типа. В некоторых случаях поливные воды с минерализацией 0,5–1,0 г/л могут оказаться содосодержащими. Зная концентрацию солей в оросительных водах, необходимо проводить профилактические мероприятия (табл. 7).

Таблица 7

Потребность почв в промывках и дренаже в зависимости от концентрации солей в оросительных водах

Концентрация солей в воде, г/л	Начало снижения урожайности	Необходимость в промывках	Необходимость в дренаже
0,2–0,5	Не наблюдается	Не нужны или нужны изредка	Достаточен естественный дренаж
0,5–1,0	После 20–25 поливов	Раз в 2–3 года	Нужен хороший дренаж
2,0–3,0	После 5–10 поливов	Дважды в год	Нужен хороший дренаж
4,0–5,0	После 3–5 поливов	После каждого четвертого полива	Нужен хороший дренаж
7,0–8,0	После 3–4 поливов	Через полив	Необходим очень хороший дренаж
10–12	Немедленно после первого полива	При каждом поливе, чтобы поддержать нисходящий ток	Необходим самый идеальный дренаж

Характеристика качества поливных вод по содержанию натрия. Натрий является одним из важней-

ших элементов, определяющих качество поливных вод. Для мелиоративной оценки качества оросительной воды и определения опасности осолонцевания почв при поливе И. Н. Антипов-Каратаев и Г. М. Кадер (1959, 1961) предлагают использовать уравнение

$$\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{(\text{Na}^+)_{10}} = 0,23 \cdot C.$$

Чтобы найти величину критического отношения суммы кальция и магния к натрию (мг-экв /л), достаточно степень минерализации C (г/л) умножить на коэффициент 0,23. Индекс «10» означает критическое отношение кальция и магния к натрию, при котором количество поглощенного почвой натрия достигает 10% от емкости поглощения, что не вызывает осолонцевания почвы. Если отношение этой суммы к натрию в оросительной воде меньше 0,23, то вода нуждается в улучшении (путем ее разведения или внесения гипса).

Большинство зарубежных классификаций и способов оценки поливных вод основано на натриево-адсорбционном отношении SAR (Sodium adsorption ratio):

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^{2+}}{\sqrt{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} / 2}$$

Концентрация катионов выражена в миллиграмм-эквивалентах на литр. Коэффициент выражает относительную активность иона натрия в обменных реакциях при взаимодействии воды с почвой. В приведенной формуле не учитывается влияние резервов кальция, содержащихся в почве, поэтому она применяется только для бескарбонатных почв.

По величине SAR в зависимости от степени минерализации оросительной воды выделяют четыре группы (табл. 8).

Таблица 8

Качество оросительных вод (по величине SAR)

Содержание натрия	Минерализация, г/л	
	< 0,1	0,1–0,5
Низкое	< 10	< 6
Среднее	10–18	6–10
Высокое	18–26	10–18
Очень высокое	> 26	> 18

Вода с низким содержанием натрия может быть использована для орошения любых почв. При среднем содержании натрия ее опасно применять на тяжелых по гранулометрическому составу бесструктурных почвах, если в них не содержится гипс. Такая вода может быть использована на почвах с высокой водопроницаемостью (песчаных, супесчаных, хорошо оструктуренных суглинистых). Применение воды с высоким содержанием натрия требует проведения специальных мер по предотвращению опасных последствий осолонцевания и натриевого засоления почв (хороший дренаж, интенсивные и частые промывки, внесение органического вещества и кальцийсодержащих соединений). Вода с очень высоким содержанием натрия, как правило, непригодна для орошения, за исключением вод с низкой и средней засоленностью, когда эффективно использование гипса или других мелиорантов.

6. СТРУКТУРА ПОЧВЫ

В почве механические элементы находятся как в раздельно-частичном состоянии, так и соединенными между собою под действием различных сил в комки разной формы, размера и качественного состава, которые называют *почвенными агрегатами*.

Совокупность агрегатов различной формы, размера и качественного состава называют почвенной структурой, а способность почвы распадаться на агрегаты при механическом воздействии – структурностью.

Необходимо отличать понятие о структуре как о характерном морфологическом признаке почв от понятия структуры в агрономическом смысле.

В практике земледелия качественная оценка структуры определяется ее *размером, пористостью, механической прочностью и водопрочностью*. Структура почвы является одним из важнейших факторов, определяющих ее плодородие. В хорошо оструктуренной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, что способствует более интенсивному развитию биологических процессов, лучшему развитию корневой системы растений, мобилизации питательных веществ. Агрономически ценная – зернистая и комковато-зернистая структура с размерами агрегатов от 0,25 до 10 мм.

Структурное состояние верхних горизонтов почв агроценозов очень динамично и зависит от состояния и интенсивности обработки, внесения удобрений и мелиорантов и др. Агрегатный анализ почв для агрономической оценки проводят для пахотного и подпахотного горизонтов.

6.1. Агрегатный анализ почв по методу Н. И. Саввинова

Для определения общего количества агрегатов в почве применяют метод «сухого» агрегатного анализа.

Цель работы – определить содержание агрегатов, вычислить коэффициент структурности и дать оценку структурного состояния почв.

Ход анализа

1. Навеску нерастертой воздушно-сухой почвы 0,5 кг просеивают через колонку сит с диаметром отверстий 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм. На нижнем сите должен быть поддон.

2. С каждого сита агрегаты взвешивают на технохимических весах и получают фракции: > 10; 10–7; 7–5; 5–3; 3–2; 2–1; 1–0,5; 0,5–0,25 и < 0,25.

3. Содержание каждой фракции рассчитывают в процентах от взятой для анализа навески, приняв ее за 100 %.

Формула расчета:

$$A = \frac{C}{b} \cdot 100,$$

где A – содержание данной фракции почвенных агрегатов, %;

C – масса агрегатов данного диаметра, г;

b – масса пробы, взятой для анализа, г.

Результаты записывают в форму 4.

Форма 4

Глубина взятия об- разца, см	Содержание агрегатов,% от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм								
	> 10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25

Коэффициент структурности (K) вычисляют по формуле

$$K = C / B,$$

где C – количество (сумма) агрегатов от 0,25 до 10 мм;

B – количество (сумма) агрегатов менее 0,25 и более 10 мм.

Чем больше K , тем лучше оструктурена почва.

6.2. Определение водопрочности почвенных агрегатов

Важнейшее свойство агрегатов – водопрочность, т.е. устойчивость против размывающего действия воды. Для определения водопрочности агрегатов применяют «мокрый» рассев почвы на ситах.

Ход анализа

1. Из фракций сухого рассева составляют навеску почвы 50 г. Для этого из каждой фракции (кроме фракции менее 0,25 мм) отвешивают на технхимических весах количество почвы, соответствующее половине процентного содержания данной фракции в почвенном образце. Например, при содержании в почве 15 % фракции 5–3 мм берут 7,5 г, из фракции 3–2 мм, составляющей 22 %, – 11 г и т.д. Фактическая навеска почвы будет меньше 50 г на величину, соответствующую половине процентного содержания фракции мельче 0,25 мм. Для расчетов навеску считают равной 50 г.

2. Составленную навеску переносят в литровый цилиндр и увлажняют, медленно приливая воду по стенке цилиндра до полного насыщения почвы.

3. Увлажненную почву оставляют в покое на 10 мин, после чего цилиндр доливают водой и плотно закрывают стеклом.

4. Составляют колонку из 6 сит с отверстиями 5; 3; 2; 1; 0,5 и 0,25 мм без поддонника и крышки. Сита скрепляют металлическими пластинками, пропущенными в скобки на их бортах, и помещают в бак или ведро с водой так, чтобы верхнее сито было погружено в воду примерно на 8–10 см.

5. Для разрушения агрегатов цилиндр перевертывают вверх дном 10 раз, пока вся почва не пройдет сквозь слой воды и не упадет вниз.

6. После этого цилиндр, закрытый стеклом, опрокидывают над набором сит, под водой убирают стекло и массу почвы переносят на верхнее сито. Через 10–20 с, когда все агрегаты крупнее 0,25 мм упадут на сито, цилиндр закрывают в воде и вынимают.

7. Набор сит поднимают вверх на 4–5 см, не обнажая почвы из воды, и быстрым движением опускают вниз, повторяя 10 раз.

8. Два верхних сита снимают, а нижние встряхивают под водой еще 5 раз.

9. Разбирают набор сит, смывают агрегаты в фарфоровые чашки, избыток воды из чашек сливают, а агрегаты переносят в маленькие, предварительно взвешенные фарфоровые чашки, высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают.

10. Полученная масса фракции, умноженная на 2, даст процентное содержание агрегатов.

11. Количество фракции меньше 0,25 мм находят путем вычитания из 100 % суммы всех остальных фракций почвенных агрегатов.

Результаты анализа записывают в форму 5.

Форма 5

Глубина взятия образца, см	Содержание водопрочных агрегатов, % от массы воздушно-сухой почвы, размером, мм						
	> 5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25

Водопрочность агрегатов (A) вычисляют по формуле

$$A = \frac{C_{\text{ВП}}}{C} \cdot 100\%,$$

где $C_{\text{ВП}}$ – суммарное содержание водопрочных агрегатов больше 0,25 мм, полученных при мокром просеивании, %;

C – суммарное содержание агрегатов больше 0,25 мм, полученных при сухом рассеивании образца, %.

Структурное состояние почвы оценивают по количеству воздушно-сухих и водопрочных агрегатов размера 0,25–10 мм по данным табл. 9.

Таблица 9

Оценка структурного состояния почвы

Сухое просеивание	Мокрое просеивание	Структурное состояние
Содержание агрегатов 0,25–10 мм,% от массы воздушно-сухой почвы		
> 80	> 70	Отличное
80–60	70–55	Хорошее
60–40	55–40	Удовлетворительное
40–20	40–20	Неудовлетворительное
< 20	< 20	Плохое

6.3. Определение прочности агрегатов в спокойной воде (методом Н. Н. Никольского)

1. Подготовка почвы к анализу та же, что и в методе Саввинова: просеивание воздушно-сухой почвы и определение процентного содержания комочков различного диаметра. Из каждой фракции агрегатов берут две средние пробы по 10–50 агрегатов.

2. В плоские стеклянные или фарфоровые чашки диаметром 15 см наливают дистиллированную воду с таким расчетом, чтобы над агрегатами был слой воды примерно 2 см. В чашку помещают от 10 до 50 агрегатов какой-либо одной фракции. Агрегаты распределяют в чашке равномерно по всему дну, на некотором расстоянии друг от друга (крупных агрегатов берут по 10–30 на каждую чашку). Через 20 мин подсчитывают количество прочных агрегатов.

К прочным относят агрегаты, сохранившие в течение 20 мин всю массу, хотя бы и набухшие и увеличившиеся в объеме. Сохранившимися считают те агрегаты, которые при слабом осторожном надавливании стеклянной палочкой передвигаются, не распадаясь. Разрушенными агрегатами почвы считают все отдельности, частично или полностью распавшиеся на более мелкие комки.

Вычисление результатов анализа:

$$A = \frac{a}{b},$$

где A – содержание прочных агрегатов в данной фракции, % от массы воздушно-сухой почвы;

a – количество сохранившихся агрегатов, шт.;

b – количество взятых для анализа агрегатов, шт.

Задания для самостоятельной работы

Используя данные табл. 10–12, выполните следующие задания.

1. Рассчитайте коэффициент структурности и оцените изменение структурного состояния почвы в результате сельскохозяйственного использования.

2. Оцените водопрочность почвенной структуры и ее изменение в результате сельскохозяйственного использования по данным табл. 10.

3. Дайте сравнительную характеристику структурного состояния почв по данным табл. 11 и 12.

Таблица 10

Агрегатный состав почв

Почва	Глубина, см	Содержание агрегатов, %, размером, мм					
		> 3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25
1	2	3	4	5	6	7	8
Дерново-подзолистая суглинистая	0–5	<u>63,2</u> 0,9	<u>7,6</u> 1,5	<u>9,5</u> 2,4	<u>10,3</u> 4,5	<u>5,5</u> 15,7	<u>3,9</u> 75,0
	17–20	<u>64,3</u> 1,4	<u>9,7</u> 0,8	<u>6,6</u> 2,4	<u>8,4</u> 8,9	<u>4,9</u> 22,1	<u>6,1</u> 64,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Чернозем мощный типичный суглинистый	0–10	<u>20,5</u>	<u>19,5</u>	<u>26,1</u>	<u>16,1</u>	<u>8,6</u>	<u>9,2</u>
		16,0	16,1	16,8	19,5	12,9	18,7
	20–30	<u>17,1</u>	<u>28,1</u>	<u>28,4</u>	<u>12,4</u>	<u>9,4</u>	<u>4,6</u>
		15,0	24,4	23,6	15,5	14,3	12,2
Чернозем обыкновенный солонцеватый среднесуглинистый	0–10	<u>57,3</u>	<u>7,3</u>	<u>8,0</u>	<u>5,8</u>	<u>7,1</u>	<u>14,5</u>
		нет	нет	нет	4,9	11,2	83,9
	10–20	<u>58,6</u>	<u>5,1</u>	<u>6,4</u>	<u>4,6</u>	<u>8,6</u>	<u>16,7</u>
		нет	нет	0,8	3,6	11,4	84,2
	20–30	<u>59,6</u>	<u>6,3</u>	<u>8,5</u>	<u>4,7</u>	<u>7,3</u>	<u>13,6</u>
		нет	нет	1,7	4,7	11,1	82,5
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	0–15	<u>37,7</u>	<u>5,9</u>	<u>7,5</u>	<u>13,7</u>	<u>13,0</u>	<u>22,2</u>
		нет	нет	0,9	3,0	5,0	90,7
	15–25	<u>46,2</u>	<u>7,7</u>	<u>11,0</u>	<u>13,3</u>	<u>9,6</u>	<u>12,2</u>
		нет	0,1	0,5	3,0	5,1	91,3
	25–35	<u>33,4</u>	<u>11,0</u>	<u>12,8</u>	<u>15,6</u>	<u>10,3</u>	<u>16,9</u>
		0,6	1,8	6,6	8,2	10,0	72,8

Примечание. В числителе – сухое просеивание, в знаменателе – мокрое.

Таблица 11

**Агрегатный состав черноземов выщелоченных
среднемощных среднегумусных среднесуглинистых учхоза
«Тулинское» (по М.С. Сиухиной, С.Л. Быковой)**

Вариант	Глубина взятия образца, см	Содержание агрегатов, %, размером, мм						Коэф. структур- ности
		> 10	10–5	5–3	3–1	1,0– 0,25	< 0,25	
Целина	0–20	10,8	14,5	13,0	38,3	14,9	8,5	4,1
	30–40	15,3	12,5	8,8	32,5	21,7	9,2	3,1
Пашня	0–20	17,6	14,1	14,0	30,6	10,1	13,6	2,2
	30–40	18,9	10,5	12,2	26,2	17,1	15,1	1,2
Орошаемая пашня	0–20	24,9	13,7	5,7	19,1	21,0	15,6	1,4
	30–40	27,4	10,1	11,3	35,0	9,0	7,2	1,8

Таблица 12

**Водопрочность структуры черноземов выщелоченных
среднемошных среднегумусных среднесуглинистых учхоза
«Тулинское» при различном сельскохозяйственном использовании
(по М. С. Сиухиной, С. Л. Быковой)**

Вариант	Глубина взятия образца, см	Содержание водопрочных агрегатов, %, размером, мм					
		> 3	3–2	2–1	1,0–0,5	0,5–0,25	< 0,25
Целина	0–20	6,0	8,8	23,4	8,0	7,0	46,8
	30–40	4,0	4,8	25,0	6,0	18,0	42,2
Пашня	0–20	1,6	2,0	4,6	8,2	11,8	71,8
	30–40	1,4	1,2	6,0	7,0	16,0	68,4
Орошаемая пашня	0–20	0,8	1,0	6,0	3,0	6,0	83,2
	30–40	1,2	1,6	6,0	4,0	19,6	67,6

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое структура и структурность почвы? Основные показатели почвенной структуры.
2. Агрономическое значение почвенной структуры.
3. Причины разрушения почвенной структуры.
4. Какая структура считается агрономически ценной? Ее основные признаки и условия формирования.
5. Какое влияние на образование почвенной структуры оказывают гранулометрический состав, содержание гумуса и состав обменных катионов?
6. Почему в черноземной почве формируется зернистая структура?
7. Какова роль известкования и гипсования в улучшении структуры?
8. Какие свойства структуры являются наиболее ценными и важными для любой почвы?
9. Какие виды структуры встречаются в почвах?
10. Какая структура характерна для гумусового горизонта дерново-подзолистых почв: крупнокомковатая, зернистая, плитчатая, столбчатая, ореховатая?

11. Какая структура по крупности является наиболее ценной: 10–7; 3–1; 1–0,25; 0,25–0,01 мм?

12. Какая структура по водопрочности является наилучшей (количество водопрочных агрегатов,%): 1–10, 10–15, 15–20, 20–30, 30–45, 45–60, больше 60?

13. Какая структура характерна для черноземных почв, солонцов, каштановых почв, иллювиальных горизонтов серой лесной почвы?

14. Охарактеризуйте физико-химические факторы структурообразования.

15. Чем характерна агрономически ценная структура?

16. Роль гумуса в структурообразовании.

17. Почему в дерново-подзолистой почве образуется неводопрочная структура, а в черноземах – водопрочная?

18. Охарактеризуйте биологические факторы структурообразования.

19. Почему в черноземах в нижней части профиля (горизонт В₂) не образуются ореховатая и призматическая структуры?

20. Почему наличие поглощенного Н⁺ в больших количествах приводит к разрушению структуры?

21. Почему в солонцовой почве образуется столбчатая структура?

22. Какую роль в структурообразовании играет обменный кальций?

23. Какую роль в образовании структуры играют почвенные животные?

24. Какая структура создается при насыщении почвы обменным натрием?

25. Почему при пропашной культуре идет разрушение структуры?

26. Какую роль в структурообразовании играют коллоидные частицы?

27. В чем заключается роль бобовых многолетних трав в структурообразовании?

28. Какие особенности водно-воздушного режима характерны для структурной и бесструктурной почвы?

29. Какие приемы используют для восстановления и сохранения почвенной структуры в производственных условиях?

30. Методы определения структурного состояния почв и водопрочности агрегатов.

31. Оценка структурного состояния почв при «сухом» и «мокром» расसेве.

7. ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Почва – это природное тело, состоящее из твердой, жидкой, газовой и живой фаз. Основу почвы составляет твердая фаза, состоящая из частиц различной степени дисперсности. Эти частицы могут находиться в свободном состоянии или объединенными в микро- и макроагрегаты, которые не совсем плотно прилегают друг к другу, поэтому между ними всегда есть поры и пустоты. В порах почвы содержится воздух, парообразная и жидкая влага. Почва как природное пористое тело характеризуется физическими свойствами.

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

7.1. Определение плотности твердой фазы почвы

Плотность твердой фазы почвы – масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы. Её величина зависит от природы и соотношения минералов, входящих в состав почвы, и содержания органического вещества.

Плотность твердой фазы почв изменяется от 2,3 до 2,8 г/см³. В верхних горизонтах почв с высоким содержанием гумуса она варьирует в пределах 2,3–2,5, в малогумусных – 2,5–2,65 г/см³. В средней и нижней части почвенного профиля плотность твердой фазы возрастает, достигая 2,7–2,8 г/см³. В богатых органическими компонентами торфяниках плотность составляет 1,4–1,8 г/см³. В целом плотность твердой фазы величина довольно стабильная и незначительно изменяется во времени.

Значение анализа. Показатели твердой фазы почв необходимы для вычисления пористости почв. Кроме того, они дают представление о составе минералов, входящих в почву, и указывают на соотношение минеральной и органической частей.

Принцип метода. Определение плотности твердой фазы пикнометрическим методом заключается в том, что объем твердой фазы почвы во взятой навеске определяется по массе вытесненной воды.

Ход анализа

1. В пикнометр (мерную колбу) объемом 100 мл наливают до метки заранее прокипяченную и охлажденную дистиллированную воду, обтирают пикнометр снаружи фильтровальной бумагой, взвешивают на аналитических весах.

2. На аналитических весах на кальке взвешивают 10 г почвы.

3. Воду из пикнометра выливают в стакан, а в пикнометр через сухую воронку высыпают навеску почвы. Оставшиеся на воронке и стенках пикнометра частицы почвы смывают дистиллированной водой в пикнометр и доводят его объём до половины.

4. Почву с водой в пикнометре перемешивают (аккуратно взбалтывая), кипятят 15 мин с момента закипания

для удаления воздуха. Необходимо следить, чтобы не было выбросов воды с почвой из пикнометра.

5. После кипячения пикнометр с содержимым охлаждают до комнатной температуры, доливают прокипяченной дистиллированной водой до метки, вытирают снаружи фильтровальной бумагой и взвешивают на аналитических весах.

Нужно следить, чтобы температура пикнометра с водой и почвой была одинаковой с первоначальной температурой пикнометра с водой.

Результаты записывают в форму 6.

Форма 6

Масса пикнометра с водой, г	Навеска почвы, г	Масса пикнометра с водой и почвой, г	Плотность твердой фазы почвы (ПТФ), г/см ³
<i>A</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>d</i>

Плотность твердой фазы (г/см³) вычисляют по формуле

$$d = \frac{C}{(A + C) - B}.$$

7.2. Определение плотности почвы

Плотность почвы – масса единицы объема абсолютно сухой почвы в естественном сложении. Плотность почвы изменяется в широких пределах: у минеральных – от 0,9 до 1,8 г/см³, у болотных торфяных – от 0,15 до 0,4 г/см³.

Плотность почвы зависит от характера структуры, минералогического, гранулометрического состава, содержания органического вещества. Особенно сильно влияет на плотность почвы механическая обработка. Наименьшую плотность почва имеет сразу после обработки (вспашки, культивации), затем она постепенно уплотняется. Через определенное время, которое зависит как от свойств са-

мой почвы, так и от внешних факторов, почва приобретает плотность, практически не изменяющуюся во времени до следующей обработки. Такая плотность называется *равновесной*. Равновесная плотность не всегда является оптимальной для сельскохозяйственных культур.

Оптимальной считают плотность, при которой складываются благоприятные условия для развития растений. Для большинства культурных растений оптимальная плотность – 1–1,25 г/см³ (табл. 13).

Отклонение от оптимальной величины плотности в любую сторону приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Сравнение оптимальной плотности с равновесной помогает определить необходимость и направленность механического воздействия на почву (рыхление, уплотнение) или полного исключения такого воздействия.

Таблица 13

Оценка плотности суглинистых и глинистых почв по гранулометрическому составу (по Н. А. Качинскому)

Плотность, г/см ³	Оценка
< 1	Почва вспушена или обогащена органическим веществом
1,0–1,1	Типичные величины для культурной свежевспаханной почвы
1,2–1,3	Пашня уплотнена
1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4–1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов различных почв (кроме черноземов)
1,6–1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

Плотность сложения почвы имеет важное агрономическое значение. Сильно уплотненная сухая почва оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений. Например, длина корней

овощных культур в рыхлой почве в 5 раз больше, чем в плотной. Оптимальная плотность для овощных культур 1–1,2 г/см³. В переуплотненной почве ухудшаются водные свойства, газообмен, увеличивается содержание влаги, недоступной растениям. Поэтому необходимо регулировать плотность почв.

Значение анализа. Показатель плотности почвы необходим для вычисления пористости, расчета массы почвенного горизонта, для вычисления запасов воды, гумуса, питательных веществ, солей в определенном слое почвы. Плотность почвы оказывает большое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почв и на продуктивность растений.

Принцип метода. Плотность почвы обычно определяют путем взятия ненарушенного образца почвы в особые цилиндры известного объема с помощью бура с последующим взвешиванием и пересчетом на сухую почву.

В лабораторных условиях плотность почвы определяют из рассыпного образца с нарушенным сложением почвы.

Ход анализа

1. Вычисляют объем металлического цилиндра по формуле

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

где V – объем цилиндра, см³;

π – 3,14;

r – радиус цилиндра, см;

h – высота цилиндра, см.

2. Взвешивают цилиндр на технoхимических весах.

3. В цилиндр насыпают почву до краев, уплотняя ее по мере насыпания, постукивая цилиндр о ладонь руки.

4. Взвешивают цилиндр с почвой на тех же весах.
Результаты записывают в форму 7.

Форма 7

Объем цилиндра, см ³	Масса пустого цилиндра, г	Масса цилиндра с почвой, г	Масса почвы, г	Плотность почвы, г/см ³
V	A	B	$C (B-A)$	d_v

Плотность почвы вычисляют по формуле

$$d_v = \frac{C}{V} \cdot K_r,$$

где K_r – коэффициент гигроскопичности.

Вычисление массы почвенного горизонта (слоя) площадью 1 га ведут по формуле

$$M \text{ т/га} = S \cdot h \cdot d_v,$$

где $M \text{ т/га}$ – масса слоя почвы площадью 1 га, т;

S – площадь 1 га (10 000 м², 100 000 000 см²);

h – мощность слоя (горизонта), см;

d_v – плотность почвы, г/см³.

Например: $d_v = 1,1$; $h = 20 \text{ см}$; $M = 1,1 \cdot 20 \cdot 100\,000\,000$
 $= 2\,200\,000\,000 \text{ г} = 2200\,000 \text{ кг} = 2\,200 \text{ т}$.

7.3. Вычисление пористости (скважности) почвы

Пористость почвы – суммарный объем всех пор между твердыми частицами и структурными агрегатами в единице объема почвы. Пористость выражают в процентах от общего объема почвы. В разных горизонтах минеральных почв пористость изменяется в широких пределах – от 25 до 80 %, в торфяных – от 80 до 90, в верхних гумусовых горизонтах – 50–60 %. В зависимости от величины пор различают капиллярную и некапиллярную

пористость почвы, граница между ними нечеткая и имеет ряд переходов.

Самые благоприятные условия увлажнения и газообмена складываются в почвах при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости около 1: 1.

Вычисляют общую пористость по показателям плотности и плотности твердой фазы почв:

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

где 1 – единица объема почвы естественного сложения;

d_v – плотность почвы, г/см³;

d – плотность твердой фазы почвы, г/см³;

100 – коэффициент для пересчета в проценты.

Величина пористости зависит от структурного состояния и микроагрегатности, гранулометрического состава, содержания гумуса, а в агроценозах – от обработки и приемов окультуривания (табл. 14).

Таблица 14

Оценка общей пористости пахотного слоя суглинистых и глинистых почв по шкале Н. А. Качинского

Общая пористость в вегетационный период, %	Качественная оценка пористости
> 70	Почва вспушена – избыточно пористая
65–75	Культурный пахотный слой – отличная
55–50	Удовлетворительная для пахотного слоя
< 50	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40–25	Чрезмерно низкая. Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов

Пористость аэрации – часть общей пористости, заполненная воздухом. Она равна разности между объемом общей пористости и объемом воды, которая содержится

в почве в момент определения пористости. Пористость аэрации вычисляют по данным общей пористости, влажности и плотности и выражают в процентах к общей пористости:

$$P_{\text{аэр}} = P_{\text{общ}} - a \cdot d_v,$$

где $P_{\text{аэр}}$ – пористость аэрации, % объема почвы;

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

a – содержание влаги, %;

d_v – плотность почвы, г/см³.

Задания для самостоятельной работы

1. Вычислите общую пористость при следующих показателях плотности (d_v) и плотности твердой фазы (d), г/см³:

d_v	0,9	1,05	1,0	1,15	1,35	1,40	1,25	0,40	0,25
d	2,6	2,55	2,6	2,65	2,70	2,00	2,65	1,85	1,55

2. Определите, как изменится плотность почвы (d_v), если общая пористость изменяется следующим образом:

$P_{\text{общ}}$, % – 60, 62, 58, 55, 50, 45, 40, 38, 35, 30;

d , г/см³ – одинакова (2,55 г/см³).

3. Какая величина плотности почвы характерна для уплотненной пашни, г/см³: 0,95; 1,0; 1,05; 1,15; 1,20; 1,25; 1,35; 1,40; 1,45; 1,55?

4. Какая величина плотности почвы характерна для вспушенной почвы, г/см³: 0,9; 0,95; 1,0; 1,05; 1,3; 1,4; 1,45; 1,50; 1,65?

5. Рассчитайте $P_{\text{общ}}$, данные внесите в табл. 15 и определите, какие по генезису почвы представлены.

Таблица 15

Общие физические свойства почв

Глубина, см	d_v	d	$P_{\text{общ}},$ %	d_v	d	$P_{\text{общ}},$ %	d_v	d	$P_{\text{общ}},$ %
	г/см ³			г/см ³			г/см ³		
0–10	1,05	2,55		1,24	2,58		0,35	1,58	
10–20	1,15	2,52		1,28	2,61		0,30	1,65	
20–30	1,15	2,61		1,35	2,63		0,25	1,60	
30–40	1,25	2,63		1,58	2,68		0,21	1,63	
40–50	1,25	2,58		1,59	2,70		0,18	1,68	
50–70	1,35	2,62		1,62	2,75		0,15	1,62	
70–100	1,45	2,70		1,65	2,72		0,14	1,58	
0–10	1,10	2,58		1,31	2,61		0,24	1,58	
10–20	1,69	2,55		1,30	2,60		0,20	1,60	
20–30	1,70	2,53		1,38	2,59		0,20	1,48	
30–40	1,50	2,54		1,45	2,58		0,18	1,45	
40–50	1,55	2,62		1,50	2,58		0,17	1,40	
50–60	1,60	2,64		1,55	2,60		0,17	1,41	
60–70	1,63	2,68		1,58	2,62		0,16	1,42	
70–80	1,59	2,70		1,65	2,64		0,15	1,44	
80–100	1,70	2,71		1,72	2,65		0,14	1,45	

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое плотность твердой фазы и плотность почвы? От чего зависят эти свойства?
2. Что такое пористость почвы, от чего она зависит?
3. Назовите виды пористости, агрономическое значение пористости.
4. Как определяют плотность почвы?
5. Какое влияние оказывают плотность почвы и пористость на развитие сельскохозяйственных растений?
6. Дайте оценку общей пористости по Качинскому для:
 - 6.1. Пахотного слоя чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого: 53, 63, 65, 72 %.
 - 6.2. Пахотного слоя чернозема обыкновенного среднесуглинистого: 62, 57, 53, 51 %.

6.3. Темно-серой лесной суглинистой почвы:

горизонт A_1 —55 % A_1 —60 %

B_1 —46 % B_1 —60 %

7. Дайте оценку общей пористости для профиля солонца среднего осолоделого:

A_1 —53,

A_2 —48,

B_1 —42 %.

8. Какая плотность сложения характерна для иллювиальных горизонтов дерново-подзолистых и солонцовых почв?

9. Какие почвы, одинаковые по минералогическому и гранулометрическому составу, будут обладать лучшими физическими свойствами, если содержание гумуса в них 1,5; 2,5; 4,0; 5,5; 6,5; 7,5; 8,0 %?

10. Какие физические свойства улучшаются при известковании кислых почв?

11. Какие физические свойства изменяются, если содержание гумуса увеличивается с 2 до 5,5 %?

12. Какие физические свойства резко изменятся, если будет произведена глубокая безотвальная обработка?

13. Почва подвергается прикатыванию, как в результате этого изменятся d_v , d , $P_{\text{общ}}$?

14. Какие физические свойства улучшаются при гипсовании солонцов?

15. Какие физические свойства почвы заметно улучшатся, если в течение 4 лет на ней будут возделываться многолетние травы?

16. Какое влияние на физические свойства оказывает возделывание пропашных культур?

17. Какие физические свойства улучшаются при внесении в почву органических удобрений?

18. Что значит «удовлетворительная», «неудовлетворительная», «отличная», «избыточная» пористость для пахотного слоя по Качинскому?

19. Назовите пределы изменений физических свойств почв и их оптимальные величины для развития сельскохозяйственных растений.

20. Какие приемы используют для регулирования общих физических свойств почвы?

21. Дайте характеристику методам определения общих физических свойств почв.

8. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Твердая фаза минеральных почв и почвообразующих пород представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц различной величины и формы, которые называются *механическими элементами*. По происхождению различают механические элементы минеральные, органические и органоминеральные. Механические элементы в почве могут находиться как в раздельно-частичном состоянии (пески и супеси), так и в форме агрегатов.

Количественное определение содержания в почве механических элементов называется механическим анализом. Близкие по размерам механические элементы объединяют в группы, или фракции, такая группировка частиц называется классификацией механических элементов.

В России широко применяется классификация, разработанная А. Н. Сабаниным и В. Р. Вильямсом и усовершенствованная Н. А. Качинским (табл. 16).

Отдельные фракции механических элементов заметно различаются по минералогическому и химическому составу, физико-химическим и водно-физическим свойствам.

Таблица 16

Классификация механических элементов

Группа		Размер, мм	Название фракции
Почвенный скелет		Более 3	Камни
		3–1	Гравий
Почвенный мелкозем	Физический песок	1–0,5	Песок крупный
		0,5–0,25	Песок средний
		0,25–0,05	Песок мелкий
		0,05–0,01	Пыль крупная
	Физическая глина	0,01–0,005	Пыль средняя
		0,005–0,001	Пыль мелкая
		Менее 0,001	Ил
		Менее 0,0001	Коллоиды

Относительное содержание (в весовых процентах) в почве фракций механических элементов называется гранулометрическим составом. Его определяют с помощью механического анализа.

Классификация почв по гранулометрическому составу основывается на соотношении физической глины и физического песка и впервые разработана Н. М. Сибирицевым, а в последующем усовершенствована Н. А. Качинским (табл. 17).

Гранулометрический состав почвы наследуют, за редким исключением, от почвообразующей (материнской) породы. Возможны изменения гранулометрического состава по профилю почвы в результате процессов оглинивания, оподзоливания и лессиважа.

Значение гранулометрического состава почв. Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на процессы почвообразования и сельскохозяйственное использование почв. От гранулометрического состава зависят водопроницаемость, водоподъемная и водоудерживающая способность, содержание элементов питания, пористость, связность, липкость, пластичность, набухание и усадка, структурное состояние, поглонительная

способность, ёмкость поглощения, твердость и сопротивление почв при обработке.

Таблица 17

**Классификация почв и пород по гранулометрическому составу
(по Н. А. Качинскому)**

Название почв по гранулометри- ческому составу	Содержание, %					
	физической глины (частицы диаметром менее 0,01 мм)			физического песка (частицы диаметром более 0,01 мм)		
	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцы и солон- цеватые	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцы и солон- цеватые
Песок рыхлый	0–5	0–5	0–5	100–95	100–95	100–95
–"– связанный	5–10	5–10	5–10	95–90	95–90	95–90
Супесь	10–20	10–20	10–15	90–80	90–80	90–85
Суглинок легкий	20–30	20–30	15–20	80–70	80–70	85–80
–"– средний	30–40	30–45	20–30	70–60	70–55	80–70
–"– тяжелый	40–50	45–60	30–40	60–50	55–40	70–60
Глина легкая	50–65	60–75	40–50	50–35	40–25	60–50
–"– средняя	65–80	75–85	60–65	35–20	25–15	40–35
–"– тяжелая	> 80	> 85	> 65	< 20	< 15	< 35

Гранулометрический состав – довольно устойчивый признак почвы, изменить его можно на небольших площадях. Для улучшения глинистых бесструктурных почв необходимо внесение 300–800 т/га песка. Для улучшения песчаных и супесчаных почв применяют глинование – внесение 300–800 т/га глинистых материалов.

8.1. Полевые методы определения гранулометрического состава почв

Для определения гранулометрического состава почв используют полевые (органолептические) и лабораторные методы (механический анализ).

Органолептически определяют гранулометрический состав при морфологическом описании почвенного профиля. Различают сухой и мокрый методы.

Сухой метод. Гранулометрический состав определяют визуально и на ощупь по следующим показателям: ощущение при растирании почвы на ладони, вид под лупой или без нее, состояние сухой почвы (табл. 18).

Таблица 18

Органолептические признаки почв различного гранулометрического состава

Группы почв по гранулометрическому составу	Ощущение при растирании почвы на ладони	Вид под лупой и без нее	Состояние сухой почвы
Песок	Песчаная масса	Состоит почти целиком из зерен песка	Сыпучее
Супесь	Неоднородная масса, в основном песок и слабо ощущается суглинок	Преобладают частицы песка, более мелкие частицы – примесь	Комочки слабые, легко раздавливаются
Суглинок легкий	Неоднородная масса, значительное количество глинистых частиц	Преобладает песок, глинистых частиц примерно 1/3	Комочки разрушаются с небольшим усилием
Суглинок средний	Примерно одинаковое количество песчаных и глинистых частиц	Еще ясно видны частицы песка	Сухие комья с трудом разрушаются в руке, намечается угловатость их форм
Суглинок тяжелый	Преобладают глинистые частицы, песчаных частиц небольшая примесь	Песчаных частиц почти нет, преобладают пылеватые глинистые частицы	Комья плотные, угловатые, их невозможно разрушить сжатием в руке
Глина	Очень тонкая однородная масса, трудно растираемая в порошок	Однородный тонкий порошок, песчаных частиц нет	Комья очень плотные, угловатые, твердые, не распадаются при ударе молотком

Мокрый метод. Образец растертой почвы увлажняют и перемешивают до тестообразного состояния, при котором почвы обладают наибольшей пластичностью. При определении гранулометрического состава карбонатных почв вместо воды применяют 10 %-й раствор HCl с целью разрушения карбонатов. Из подготовленной почвы на ладони скатывают шарик и пробуют раскатать его в шнур толщиной 3 мм, затем свернуть в кольцо диаметром 2–3 см. В зависимости от гранулометрического состава почвы показатели будут различны (табл. 19).

Таблица 19

Группировка почв по гранулометрическому составу

Группы почв по гранулометрическому составу	Признаки гранулометрического состава
Песок	Непластичная масса, не образует ни шарика, ни шнура
Супесь	Образует шарик, который раскатать в шнур не удастся. Получаются только зачатки шнура
Суглинок легкий	Раскатывается в шнур, который очень непрочен, легко распадается на части при раскатывании или при взятии в ладони
Суглинок средний	Пластичная масса, образует сплошной шнур, который разрушается при свертывании в кольцо
Суглинок тяжелый	Хороший пластичный материал, легко раскатывается в шнур и образует кольцо с трещинами
Глина	Липкая мажущаяся масса, образует длинный тонкий шнур, кольцо без трещин

8.2. Механический анализ

Наиболее распространенным методом анализа гранулометрического состава почв является метод пипетки. Механические элементы, особенно суглинистых и глинистых почв, находятся в агрегатированном состоянии,

которое обуславливается поглощенными двухвалентными катионами в коллоидной части почвы. Чтобы определить гранулометрический состав почвы, необходимо разрушить агрегаты и перевести все механические элементы в раздельно-частичное состояние. Это осуществляется химическим и механическим воздействием на почву при подготовке ее к механическому анализу. Механическое воздействие производится путем растирания почвы пестиком с резиновым наконечником. Химическое воздействие заключается в замене поглощенных кальция и магния на одновалентные катионы, что приводит к диспергированию почвы.

Принцип метода пипетки основан на зависимости между скоростью падения частиц и их диаметром. Если взмутить суспензию и оставить ее в спокойном состоянии, то постепенно взмученные частицы осядут. Быстрее будут осаждаться более крупные по размерам механические элементы как более тяжелые. Зная скорость осаждения механических элементов различного диаметра, можно брать пробы почвенной суспензии с определенной глубины через различное время после взмучивания и определить содержание механических элементов.

Ход анализа

1. Навеску воздушно-сухой почвы 10 г, подготовленную к механическому анализу растиранием с раствором пирогосфата натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), помещают в фарфоровую чашку диаметром 10–12 см.

2. Приливают 4%-й раствор пирогосфата натрия из расчета на каждые 10 г почвы: для засоленных и загипсованных – 20 мл; для карбонатных, глинистых и тяжело-суглинистых – 10 мл; для незасоленных, некарбонатных почв легкого гранулометрического состава – 5 мл.

3. Навеску почвы смачивают по каплям 4 %-м раствором пирофосфата натрия до тестообразного состояния и осторожно, без нажима, растирают в течение 10 мин пестиком с резиновым наконечником.

4. Добавляют остаток пирофосфата натрия и оставляют на 30 мин.

5. Приливают дистиллированную воду и размешивают тем же пестиком до состояния суспензии.

7. Суспензию сливают через сито с отверстиями 0,25 мм в цилиндр на 1000 мл для анализа.

8. Объем суспензии в цилиндре доводят дистиллированной водой до 1000 мл и анализируют методом пипетки.

Пробы берут специальной пипеткой (объемом 20 мл), смонтированной на штативе, нижнее отверстие пипетки запаяно, вместо него есть четыре боковых, что устраняет засасывание суспензии снизу.

Время отстаивания почвенной суспензии для взятия пробы

Диаметр частиц, мм	Глубина погружения пипетки, см	Время отстаивания суспензии при разных температурах		
		15 °C	20 °C	25 °C
0,01 и меньше	10	21 мин 45 с	19 мин 14 с	17 мин 06 с

Выше боковых отверстий на пипетке нанесена метка на уровне, до которого ее нужно погружать. На верхнем конце пипетки имеются два отверстия, перекрывающиеся кранами. Одним отверстием пипетка присоединяется к колбам, с помощью которых суспензия всасывается из цилиндра в пипетку и сливается из пипетки в тигель. Вторым отверстием пипетка соединена с колбой с дистиллированной водой, которой промывается пипетка после сливания пробы.

Пробу берут следующим образом: содержимое цилиндра взбалтывают мешалкой быстрыми движениями

вверх в течение 1 мин. За 30 с до истечения срока отстаивания цилиндр ставят на штатив под пипетку, пипетку осторожно опускают на заданную глубину. Колбу аспиратора ставят вниз. За 10 с до истечения срока отстаивания открывают кран, соединяющий пипетку с аспиратором, и набирают в пипетку суспензию до метки. Кран нужно открывать постепенно и набирать пробу в пипетку в течение 20–30 с.

Пипетку осторожно вынимают из цилиндра. Колбу аспиратора ставят наверх, а колбу А вниз. Под пипетку подставляют заранее взвешенный фарфоровый тигель, открывают кран, соединяющий пипетку с аспиратором, и сливают суспензию, после чего кран закрывают. Пипетку промывают дистиллированной водой. Для этого открывают кран, соединяющий пипетку с колбой В с дистиллированной водой, промывные воды сливают в тот же тигель.

Пробу выпаривают на песчаной бане до полного высыхания, затем сушат в сушильном шкафу до постоянной массы при 105 °С. Тигель с пробой остужают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

Результаты взвешивания записывают по форме 8.

Форма 8

Проба	Номер тигля	Масса пустого тигля, г	Масса тигля с пробой, г	Масса пробы, г
Меньше 0,01				

Количество физической глины (%) вычисляют по формуле

$$\Phi Г = \frac{a \cdot V \cdot K_r \cdot 100}{C \cdot b},$$

где a – масса пробы (масса тигля с пробой минус масса пустого тигля), г;

V – объем суспензии в цилиндре, 1000 мл;

b – объем взятой пробы, мл;

K_r – коэффициент пересчета на сухую почву;

C – масса почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Физический песок = 100 – ФГ.

По соотношению физической глины и физического песка дают основное название почвы по гранулометрическому составу, оформляют его графически циклограммой или профильным методом.

Пример расчета. Для определения гранулометрического состава чернозема выщелоченного взято 10 г воздушно-сухой почвы, K_r – 1,04, масса пробы (a) – 0,0784 г, V – 1000 мл, B – 20 мл, C – 10 г.

$$\text{Физическая глина} = \frac{0,0784 \cdot 1000 \cdot 1,04 \cdot 100}{10 \cdot 20} = 40,8 \%$$

$$\text{Физический песок} = 100 - 40,8 = 59,2$$

Пользуясь данными табл. 10, называем почву по гранулометрическому составу: суглинок средний.

Задания для самостоятельной работы

1. Дайте основное название по гранулометрическому составу чернозему обыкновенному, содержащему 48 % частиц меньше 0,01 мм.

2. Назовите по гранулометрическому составу серую лесную почву, содержащую 33 % частиц больше 0,01 мм.

3. Определите разновидность дерново-подзолистой почвы с 28 % частиц больше 0,01 мм.

4. Определите разновидность солонца, содержащего 68 % физической глины.

5. Дайте полное название почвы по гранулометрическому составу с использованием преобладающей фракции и определите потенциальную способность почвы к оструктуриванию.

Гранулометрический показатель структурности для гумусированных почв вычисляют по формуле

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

где a – содержание ила, %;

b – содержание мелкой пыли, %;

c – содержание средней и крупной пыли, %.

Гранулометрический показатель структурности малогумусных почв:

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

Чем выше значение величины P , тем больше потенциальная способность почвы к оструктуриванию.

Полное название почвы по гранулометрическому составу дают с учетом преобладающих фракций. Находят две преобладающие фракции и добавляют их название к основному, причем фракцию, которая абсолютно преобладает, ставят на последнее место в названии.

Пример. В пахотном слое черноземной почвы содержание песчаной фракции (1–0,05) – 7 %, крупной пыли (0,05–0,01) – 44 %, средней пыли (0,01–0,005) – 11 %, тонкой пыли (0,005–0,001) – 6 %, ила (< 0,001) – 32 %, физической глины (< 0,01) – 49 %, физического песка – 51 %. Преобладают фракции ила (32 %) и крупной пыли (44 %), которые отражают в полном названии – тяжелосуглинистая иловато-крупнопылеватая.

6. Дайте полное название чернозему по гранулометрическому составу и его агроэкологическую оценку, вычертите график распределения механических элементов по профилю (данные табл. 20).

7. Определите разновидность солонцов по четырехчленной шкале Н. А. Качинского и дайте агроэкологическую оценку гранулометрического состава почв по данным табл. 21.

Таблица 20

Распределение механических элементов по профилю, %

Глубина, см	Размер механических элементов, мм					
	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	$\Sigma < 0,01$
0–10	13,41	42,35	7,12	7,96	29,16	44,24
10–20	13,02	42,56	6,29	9,05	29,32	44,66
20–30	13,40	44,69	5,89	9,35	26,70	41,91
35–45	16,23	47,48	8,06	7,83	20,40	36,29
80–90	12,07	54,07	5,41	6,76	21,69	33,86
140–150	12,00	51,59	8,08	7,15	21,18	36,41
0–10	17,55	39,81	5,32	9,89	27,43	42,64
10–20	15,97	41,01	8,01	7,42	27,59	43,02
20–30	16,07	42,16	4,77	9,54	27,46	41,77
36–46	13,63	44,63	8,00	6,61	27,13	41,74
65–75	20,73	43,62	6,51	7,32	21,82	35,63
110–120	13,73	47,46	6,21	8,70	23,90	38,81
145–155	20,67	47,09	6,44	5,74	20,06	32,24

Таблица 21

Гранулометрический состав почв

Глубина, см	Содержание механических элементов, %, размером, мм						
	1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	< 0,01
Корково-столбчатый солонец							
0–5	37,1	17,2	29,0	7,9	6,3	2,5	16,7
5–10	7,3	5,7	30,2	12,1	12,7	32,0	56,8
10–20	7,8	5,2	25,0	9,5	15,0	37,5	62,0
20–30	4,7	4,2	24,2	9,0	19,0	38,5	66,5
30–40	2,7	5,7	23,4	9,8	21,6	36,8	68,2
40–60	0,6	5,1	23,6	11,6	21,1	38,0	70,7
60–80	0,7	2,4	28,9	12,5	21,9	33,6	68,0
Высокостолбчатый солонец							
0–9	13,7	39,2	17,8	8,2	10,9	10,2	29,3
9–19	10,7	26,8	18,1	3,6	9,6	31,2	44,3
22–32	6,5	18,6	17,1	17,0	6,5	34,2	57,7
50–60	6,1	35,0	18,2	4,0	7,4	29,3	40,7
90–100	11,5	48,3	8,8	3,2	5,0	23,1	31,3
Глубокостолбчатый солонец							
0–10	4,2	29,7	19,7	9,7	12,3	24,4	46,4
20–30	3,5	14,9	17,9	6,8	10,5	46,4	63,7
40–50	3,1	16,5	19,7	6,3	10,7	43,7	60,7
100–110	6,8	58,5	6,7	26,0	3,3	22,1	28,0

8. По данным механического анализа определите разновидность почв и дайте агроэкологическую оценку их гранулометрического состава, вычертите график распределения механических элементов по профилю почвы и покажите особенности проявления почвообразовательного процесса по данным табл. 22.

Таблица 22

Гранулометрический состав почв

Глубина, см	Содержание механических элементов, %, размером, мм					
	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
1	2	3	4	5	6	7
Чернозем оподзоленный						
0–10	8,06	42,35	9,41	11,36	28,82	49,59
22–32	8,50	44,41	9,65	10,42	27,02	47,09
34–44	8,34	43,40	9,73	9,12	29,41	48,26
54–64	8,70	44,83	6,73	7,75	31,99	47,47
83–93	9,18	46,57	7,44	7,13	29,68	44,25
111–121	9,73	49,81	9,27	7,85	23,34	40,46
150–160	7,81	52,66	8,14	8,00	23,39	39,53
Чернозем выщелоченный						
0–23	12,68	33,24	7,42	10,68	35,99	54,09
25–35	6,28	38,00	10,52	10,95	34,25	55,72
35–43	9,35	35,45	7,85	11,38	35,99	55,20
43–53	6,57	40,18	8,24	9,60	35,41	53,25
80–90	7,27	37,91	7,66	11,05	36,11	54,82
135–145	4,14	42,59	5,06	10,33	37,88	53,27
Дерново-подзолистая почва						
0–15	10,1	68,5	10,5	7,2	3,7	21,4
16–26	12,3	69,6	6,9	5,9	5,3	18,1
50–60	0,3	69,2	6,5	6,5	17,5	30,5
90–100	0,2	63,8	7,8	8,8	19,4	36,0
140–150	3,9	58,9	8,2	10,4	18,7	37,3
Серая лесная оподзоленная почва						
0–10	31,95	35,69	6,39	7,71	14,81	28,91
26–36	29,60	37,85	6,27	6,99	15,39	28,65
48–58	29,10	32,88	3,28	4,71	26,60	34,49
80–90	46,99	28,63	2,94	3,54	14,22	20,70
100–110	31,28	40,82	2,96	5,11	16,75	24,32
130–140	52,34	26,69	2,03	1,75	12,10	15,38

1	2	3	4	5	6	7
Солодь						
0–5	35,8	37,1	4,8	6,4	10,0	20,8
5–10	27,8	32,1	8,0	15,4	15,8	39,2
12–17	36,0	29,0	7,2	14,3	12,7	34,2
22–27	23,2	18,5	5,5	11,2	40,4	57,1
90–95	26,1	16,0	7,2	10,4	39,3	56,9
160–175	44,4	8,2	3,6	7,3	34,8	45,7

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется гранулометрическим составом почв, каковы принципы построения классификации почв по гранулометрическому составу?

2. Какие фракции механических элементов присутствуют в почве, в чем их различия по составу и свойствам?

3. Какие по размеру частицы называются пылью? Какими свойствами они обладают?

4. Как называются частицы почвы размером меньше 0,001 мм? Каков их состав и свойства?

5. Какие фракции механических элементов образуют физический песок и физическую глину?

6. Назовите основные разновидности почв по гранулометрическому составу.

7. Как дается почве основное и дополнительное название по гранулометрическому составу?

8. Назовите и кратко охарактеризуйте основные методы определения гранулометрического состава почвы.

9. В чем заключается принцип пипеточного метода определения гранулометрического состава почвы?

10. Как влияет гранулометрический состав почвообразующих пород на процессы почвообразования?

11. Какое влияние оказывает гранулометрический состав на агроэкологические свойства почв?

12. Какие почвы называют легкими, какие тяжелыми и почему?

13. Назовите более благоприятный гранулометрический состав для пшеницы и картофеля в условиях Новосибирской области.

14. Какими приемами можно регулировать гранулометрический состав песчаных, супесчаных и тяжелых глинистых почв?

15. Назовите методы определения гранулометрического состава почв (полевые и лабораторные).

9. ГУМУС ПОЧВЫ

Органическое вещество почвы состоит из органических остатков (корешков и наземного опада) и гумуса. Источником гумуса являются органические остатки вышедших растений, микроорганизмов и животных, обитающих в почве. Превращение органических остатков в гумус – совокупность процессов *трансформации* органических веществ в почве: их разложение, минерализация, гумификация, взаимодействие органических веществ с минеральной частью почвы, миграция и аккумуляция органических и органоминеральных соединений.

Минерализация – распад органических остатков до конечных продуктов: воды, диоксида углерода, азота и элементов зольного питания растений (P, S, Ca, K и др.).

Гумификация – совокупность биологических, химических и физико-химических процессов трансформации продуктов разложения органических остатков в гумусовые кислоты почвы.

Гумус – сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков в почве.

С содержанием и составом гумуса тесно связаны многие признаки и свойства почв: окраска, оструктуренность, теплоемкость, водоудерживающая и сорбционная способность, а также буферность почв к природным и антропогенным воздействиям. В гумусовых горизонтах более 90% всего азота, значительная часть фосфора, серы и микроэлементов находится в составе органических соединений. Поэтому при интенсивном использовании агроценозов регулирование гумусового состояния почв является важнейшим фактором их устойчиво высокой продуктивности.

В почвенных исследованиях для всесторонней оценки органического вещества используется широкий набор показателей, которые в совокупности характеризуют гумусовое состояние почв (табл. 23). К числу важнейших из них относят содержание и запасы гумуса, его профильное распределение, обогащенность азотом, тип гумуса. Однако в целом выбор показателей, используемых для характеристики органического вещества почвы, будет определяться поставленными задачами.

Содержание и запасы гумуса, его распределение по профилю используются при диагностике и классификации почв и для оценки их потенциального плодородия.

Все методы изучения органического вещества почв можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся методы, которые служат для общей характеристики органического вещества почвы: методы определения общего содержания углерода, азота, фосфора и серы органических соединений, группового и фракционного состава гумуса. Ко второй группе относятся методы, позволяющие получить информацию о составе, свойствах и структурных особенностях гумусовых веществ. Сюда относятся методы препаративного выделения гумусовых кислот и их фракционирования различными приемами, определение эле-

ментного состава и теплоты сгорания, спектрофотометрия, электронный магнитный резонанс и др.

Таблица 23

**Показатели гумусового состояния почв (Л. А. Гришина,
Д. С. Орлов, 1978)**

Показатель	Уровень, характер проявления	Пределы величин
Содержание гумуса в гумусовых горизонтах, %	Очень высокое	>10
	Высокое	6–10
	Среднее	4–6
	Низкое	2–4
	Очень низкое	<2
Запас гумуса в слоях 0–20 см (0–100 см), т/га	Очень высокий	>200 (> 600)
	Высокий	150–200 (400–600)
	Средний	100–150 (200–400)
	Низкий	50–100 (100–200)
	Очень низкое	<50 (<100)
Профильное распределение гумуса в метровой толще	Резко убывающее	-
	Постепенно убывающее	-
	Равномерное	-
	Нарастающее	-
	Бимодальное	-
Обогащенность гумуса азотом по отношению C: N	Очень высокая	<5
	Высокая	5–8
	Средняя	8–11
	Низкая	11–14
	Очень низкая	>14
Тип гумуса, $C_{ГК} : C_{ФК}$	Гуматный	>2
	Фульватно-гуматный	1–2
	Гуматно-фульватный	0,5–1
	Фульватный	<0,5
Содержание гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} , % к сумме Гк	Очень высокое	>80
	Высокое	60–80
	Среднее	40–60
	Низкое	20–40
	Очень низкое	<20
Содержание негидролизуемого остатка, % к $C_{общ}$	Высокое	>60
	Среднее	40–60
	Низкое	<40

Содержание гумуса в целинных почвах определяется характером почвообразовательного процесса, а в почвах агроценозов во многом зависит и от особенностей использования пашни. В верхних горизонтах почв содержание гумуса колеблется от 1–2 до 10–15%, резко или постепенно уменьшается с глубиной.

9.1. Определение гумуса методом И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова

Принцип метода. Метод И. В. Тюрина основан на окислении углерода гумуса 0,4 н. раствором бихромата калия, приготовленного на серной кислоте, разведенной водой 1: 1 (хромовая смесь). По количеству хромовой смеси, пошедшей на окисление органического углерода, судят о его количестве.

Значение анализа. Гумус играет значительную роль в почвообразовании и плодородии почв. Гумус является одним из основных показателей плодородия почвы: по мере его разложения в почвенный раствор поступают азот и элементы зольного питания растений. Гумус обладает большой поглотительной способностью и обуславливает буферные свойства почвы, препятствуя резким изменениям реакции среды. Он является важнейшим фактором образования водопрочной, агрономически ценной структуры, улучшая тем самым водно-воздушные свойства почвы.

Прямых методов определения общего количества гумуса в почве нет, определяют общее количество углерода, входящего в состав гумуса. Методы определения углерода органических веществ почвы в почвоведении называют методами «определения гумуса».

Подготовка почвы для анализа. При подготовке почвы к анализу тщательно отбирают корешки и все орга-

нические остатки, чтобы исключить органические вещества негумусовой природы.

Почву в коробке перемешивают и берут пробу около 1 г, высыпают на лист бумаги, разравнивают тонким слоем и тщательно отбирают пинцетом корешки и органические остатки. В процессе отбора корешков почву несколько раз перемешивают и вновь расстилают тонким слоем. Чистоту отбора корешков следует проверить с помощью лупы. После отбора корешков почву растирают в фарфоровой ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 0,25 мм.

Ход анализа

1. Из подготовленной почвы берут навеску на аналитических весах. Размер ее зависит от содержания гумуса в почве: чем его больше, тем навеска меньше (табл. 24). Приблизительно содержание гумуса в почве можно оценить по ее окраске.

Таблица 24

Навеска почвы в зависимости от предполагаемого содержания гумуса и ее окраски

Окраска почвы	Содержание гумуса, %	Навеска почвы, г
Черная	7–10	0,1
Темно-серая	4–7	0,2
Серая	2–4	0,3
Светло-серая	1–2	0,4
Белесая	0,5–1	0,5

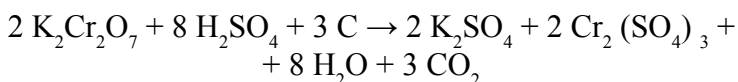
2. Навеску почвы осторожно высыпают на дно колбы объемом 100 мл.

3. В колбу с почвой приливают из бюретки 10 мл 0,4 н. хромовой смеси, затем содержимое осторожно перемешивают круговыми движениями колбы.

4. В горло колбы вставляют маленькую воронку, которая служит холодильником, ставят колбу на асбестовую

сетку и нагревают в ней жидкость. По мере нагревания из жидкости будут выделяться пузырьки CO_2 . Необходимо отметить начало закипания и умеренно кипятить в течение 5 мин, не допуская бурного кипения, сопровождающего выделением паров через воронку. При сильном продолжительном кипении увеличивается концентрация серной кислоты, что может привести к разложению хромовой кислоты, а отсюда и к неверным результатам анализа.

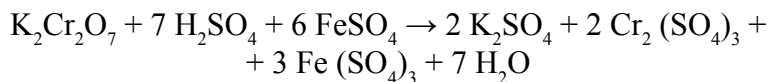
При нагревании происходит окисление органического углерода до CO_2 , что можно представить уравнением



5. После кипячения колбе дают остыть, затем из промывалки дистиллированной водой обмывают воронку и стенки колбы, доведя объем до половины.

6. К полученному раствору прибавляют 5 капель фенилантраниловой кислоты, тщательно перемешивают и титруют раствором соли Мора до перехода окраски раствора из бурого в зеленый.

В начале титрования жидкость приобретает темно-красно-фиолетовую окраску, которая перед концом титрования переходит в синюю. После появления синей окраски соль Мора прибавляют по каплям и тщательно размешивают титруемую жидкость до перехода синей окраски в зеленую. При титровании солью Мора избытка бихромата калия (не израсходованного на окисление гущи) реакция идет по уравнению



Отмечают и записывают количество миллилитров соли Мора, пошедшей на титрование остатка бихромата калия.

7. Необходимо установить, сколько соли Мора пойдет на титрование 10 мл раствора бихромата калия – холостое определение, выполняя все те же операции, только вместо навески почвы в колбу с 10 мл бихромата калия добавляют прокаленную пемзу (0,1–0,3 г) для равномерного кипения.

Результаты анализа записывают в форму 9.

Форма 9

Тара + навеска, г	Масса тары, г	Навеска возд.-сухой почвы, г	Объем соли Мора, мл		Содержание, % от массы сухой почвы	
			для холостого титрования	для титрования образца	общего углерода	гумуса
		m	V_1	V_2	C	A

Содержание органического углерода (C), % от массы сухой почвы, вычисляют по формуле

$$C = \frac{(V_1 - V_2) \cdot n \cdot 0,003 \cdot K_r \cdot 100}{m},$$

где V_1 – объем соли Мора, пошедшей на холостое титрование, мл;

V_2 – объем соли Мора, пошедшей на титрование анализируемого образца, мл;

n – нормальность раствора соли Мора;

0,003 – молярная масса эквивалента углерода, г/моль;

K_r – коэффициент гигроскопичности для пересчета на абсолютно сухую навеску почвы;

m – навеска воздушно-сухой почвы, г.

Для нахождения количества гумуса содержание органического углерода умножают на коэффициент 1,724, исходя из того, что в среднем 1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса.

Зная процентное содержание гумуса, можно рассчитать его запасы, т/га.

$$\text{Запасы гумуса, т/га} = A \cdot h \cdot d_v$$

где A – содержание гумуса, %;

h – мощность слоя, см;

d_v – плотность сложения, г/см³.

9.2. Определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО

Метод основан на окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектроколориметре.

Метод не пригоден для проб с массовой долей хлорида более 0,6 % и проб с массовой долей органического вещества более 15 %.

Предельные значения относительной погрешности результатов анализа для двусторонней доверительной вероятности $P = 0,95$ составляют в процентах (отн.):

20 – при массовой доле органического вещества до 3 %;

15 – свыше 3 до 15 %;

10 – свыше 15 до 30 %;

Подготовка почвы для анализа. Отбор проб проводят по ГОСТ 28168, ГОСТ 17.4.3.01 и ГОСТ 17.4.4.02 – в зависимости от целей исследований.

Из размолотой почвы или породы отбирают пробу массой 3–5 г для тонкого измельчения. Перед измельчением из пробы удаляют пинцетом видимые невооруженным глазом неразложившиеся корни и растительные остатки. Затем пробу измельчают и пропускают через плетеное сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Для тонкого измельчения используют ступки и измельчительные устройства из фарфора, стали и других материалов.

Ход анализа

Массу пробы почвы или породы для анализа определяют исходя из предполагаемого содержания органического вещества:

Массовая доля органического вещества, %	Масса пробы для анализа, мг
До 2	500–700
2–4	250–350
4–7	100–200
> 7	50–100

Пробы почвы или породы взвешивают с погрешностью не более 1 мг и помещают в пробирки, установленные в штативы. К пробам приливают по 10 см³ хромовой смеси. В каждую пробирку помещают стеклянную палочку и тщательно перемешивают пробу с хромовой смесью. Затем штатив с пробирками опускают в кипящую водяную баню. Уровень воды в бане должен быть на 2–3 см выше уровня хромовой суспензии. Время с момента закипания воды в бане после погружения в нее пробирок – 1 ч. Содержимое пробирок перемешивают стеклянными палочками через каждые 20 мин. По истечении 1 ч штативы с пробирками помещают в водяную баню с холодной водой. После охлаждения в пробирки приливают по 40 см³ воды. Затем из пробирок вынимают палочки, тщательно перемешивают суспензии барботацией воздуха и оставляют для оседания твердых частиц и полного осветления надосадочной части раствора. Вместо отстаивания допускается проводить фильтрование суспензий через беззольные фильтры (синяя лента).

Приготовление раствора сравнения. В девять пробирок наливают по 10 см³ хромовой смеси и нагревают их в течение 1 ч в кипящей водяной бане вместе с анализи-

руемыми пробами. После охлаждения в пробирки приливают соответствующие объемы дистиллированной воды и раствора восстановителя:

Характеристика раствора	Номер пробирки								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем воды, см ³	40	38	36	32	30	25	20	15	10
Объем раствора восстановителя (соль Мора), см ³	0	2	4	8	10	15	20	25	30
Масса органического вещества, эквивалентная объему восстановителя в растворе сравнения, мг	0	1,03	2,07	4,14	5,17	7,76	10,3	12,9	15,5

Растворы тщательно перемешивают барботацией воздуха. Для приготовления шкалы берут соль Мора и растворяют ее в 1 л дистиллированной воды с серной кислотой, 1 мл раствора соответствует по окраске 0,52 % гумуса.

Фотометрирование растворов проводят в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 1–2 см относительно раствора сравнения № 1 при длине волны 590 нм или используя оранжево-красный светофильтр с максимумом пропускания в области 560–600 нм. Растворы в кювету переносят осторожно, не взмучивая осадка.

Массу органического вещества в анализируемой пробе определяют по градуировочному графику. При построении градуировочного графика по оси абсцисс откладывают массу органического вещества в миллиграммах, соответствующую объему восстановителя в растворе сравнения, а по оси ординат – соответствующее показание прибора.

Массовую долю органического вещества (X) в процентах вычисляют по уравнению

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

где m – масса органического вещества в анализируемой пробе, найденная по графику, мг;

K – коэффициент поправки концентрации восстановителя;

m_1 – масса пробы, мг;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

Задания для самостоятельной работы

1. Рассчитайте запасы гумуса (т/га) в пахотном слое (0–20 см) серой лесной почвы при его содержании 3,5% и плотности почвы 1,2 г/см³.

2. Рассчитайте запасы гумуса (т/га) в пахотном слое (0–22 см) чернозема выщелоченного, если его содержание составляет 6%, плотность почвы – 1,1 г/см³.

3. Определите запасы гумуса в почвах, если они имеют следующие показатели:

Содержание гумуса, %	0,6	1,3	0,7	2,5	2,8	3,5	4,2	5,5	6,0	6,5	7,0
Мощность гумусового слоя, см	15	10	12	18	30	30	35	20	25	22	25
Плотность, г/см ³	1,5	1,4	1,35	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,15	1,05

4. Какое количество гумуса образуется, если в почву поступает:

4.1. Навоз твердый – 50 т/га.

4.2. Навоз жидкий (влажность 92%) – 250 т/га.

4.3. Навоз полужидкий (влажность 85%) – 150 т/га.

4.4. Торфонавозный компост – 50 т/га.

4.5. Солома – 2 т/га.

4.6. Корневые и пожнивные остатки яровой пшеницы – 3 т/га.

4.7. Корни и стерня ячменя – 3,2 т/га.

4.8. Корни многолетних злаковых трав – 2,5 т/га.

4.9. Корни многолетних бобовых трав – 4 т/га.

4.10. Корни и стерня люцерны – 5 т/га.

5. В пахотном слое (0–20 см) чернозема оподзоленного с плотностью $1,12 \text{ г/см}^3$ содержится гумуса 7 %, валового азота – 0,35, валового фосфора – 0,20 %. Рассчитайте их запасы.

6. В пахотном слое (0–20 см) дерново-подзолистой почвы с плотностью $1,3 \text{ г/см}^3$ содержится гумуса 3 %, валового азота – 0,2, валового фосфора – 0,15 %.

Рассчитайте их запасы.

7. Пахотный слой (0–25 см) чернозема выщелоченного имеет плотность $1,05 \text{ г/см}^3$, содержание гумуса – 8,5 %, азота – 0,45, фосфора – 0,3 %. Рассчитайте их запасы.

8. В пахотном слое (0–22 см) темно-серой лесной почвы с плотностью $1,15 \text{ г/см}^3$ гумуса содержится 7 %, валового азота – 0,35, валового фосфора – 0,2 %.

Рассчитайте их запасы.

9. Рассчитайте баланс гумуса для условий, представленных в табл. 25, используя коэффициенты гумификации и минерализации из табл. 26 и 27

Таблица 25

Баланс гумуса

Севооборот	Урожайность, ц/га	Внесено навоза, т/га
1	2	3
<i>Засушливая зона (Кулунда)</i>		
1. Пар чистый	0	50
2. Пшеница яровая	25	
3. Пшеница яровая	20	
4. Ячмень + многолетние травы	20	
5. Многолетние травы 1-го года	40	
6. Многолетние травы 2-го года	40	
1. Пар сидеральный (рапс)	100	50
2. Пшеница	25	
3. Ячмень	25	
4. Кукуруза на силос	200	
5. Овес	20	

Продолжение табл. 25

1	2	3
1. Однолетние травы (вика + овес)	150	
2. Кукуруза на силос	220	
3. Ячмень	25	
4. Рапс (зеленый корм)	120	
1. Кукуруза на силос	200	30
2. Яровая пшеница	25	
3. Яровая пшеница	20	
4. Овес	20	
1. Горох	15	
2. Яровая пшеница + донник	20	
3. Пар сидеральный (донник)	100	
4. Яровая пшеница	25	
5. Яровая пшеница	20	
<i>Влажная зона (Присалаирье)</i>		
1. Пар донниковый (зеленое удобрение)	150	
2. Озимая рожь	30	
3. Пшеница яровая	28	
4. Кукуруза на силос	300	
5. Ячмень + донник	25	
1. Пар чистый	0	80
2. Озимая пшеница	35	3
3. Яровая пшеница	30	
4. Горох	20	
5. Ячмень, овес	20	
1. Однолетние травы + многолетние травы	250	
2. Многолетние травы 1-го года	50	
3. Многолетние травы 2-го года	50	
4. Подсолнечник на силос	250	
5. Овес, ячмень	25	
1. Пар чистый	0	50
2. Озимая рожь	35	
3. Пшеница с подсевом многолетних трав	30	
4. Многолетние травы 1-го года (бобовые)	75	
5. Многолетние травы 2-го года	75	
6. Лен	4	
7. Овес	20	
<i>Заболоченная засоленная лесостепь (Бараба)</i>		
1. Пар донниковый (зеленое удобрение)	120	

Окончание табл. 25

1	2	3
2. Озимая рожь	30	
3. Пшеница яровая	25	
4. Подсолнечник + кукуруза (силос)	250	
5. Овес	20	
1. Пар чистый	0	70
2. Пшеница	30	
3. Ячмень	25	
4. Овес	20	
1. Пар чистый	0	
2. рожь	30	
3. Пшеница яровая	25	
4. Пшеница яровая	20	
5. Овес	20	
1. Кукуруза на силос	250	
2. Яровая пшеница	25	
3. Яровая пшеница с подсевом донника	20	
4. Донник на сидерат	150	
5. Яровая пшеница	250	
6. Горох	15	
7. Овес	20	
Овощные севообороты		
1. Капуста	400	
2. Столовые корнеплоды (морковь, свекла)	300	
3. Томат	150	
4. Лук	200	
1. Капуста	400	
2. Картофель ранний	150	
3. Огурец	120	
4. Лук	250	
1. Многолетние травы 1-го года	60	
2. Многолетние травы 2-го года	60	
3. Капуста	450	
4. Свекла столовая	350	
5. Морковь	250	
6. Однолетние травы	200	

Примечание. Минерализация гумуса при возделывании овощных культур в среднем 2,5 т/га. Гумификация растительных остатков: картофель – 5–10%; свекла и другие корнеплоды – 5%.

Таблица 26

Ежегодная минерализация и гумификация органического вещества в почвах среднесуглинистого гранулометрического состава, т/га

Показатели	Зерновые (обработка)		Горох + вика на зерно	Вика + овес на сено	Пропашные	Чистый пар		Кукуруза		Многолетние травы		Сидераты (зеленая масса)	
	Отвальная	Безотвальная				Отвальная	Безотвальная	Влажная зона	Засушливая зона	Злаковые	Бобовые	Донник	Озимый рапс
Потери (минерализация)	0,5	0,4	0,3	0,3	1,7	2,0	1,8	0,9	1,2	0,2	0,1	0,6	0,2
Восполнение (гумификация)	0,3	0,25	0,1	0,2	0,15	-	-	0,15	0,2	0,5	0,6	1,3	0,5

Примечание. Урожайность зерновых культур – 10 ц/га; соотношение зерно: солома – 1: 1,5; урожайность пропашных и сидератов – 100 ц/га.

Таблица 27

Гумификация различных видов органических удобрений, т

Вид органического удобрения	Количество гумуса из 1 т органического удобрения
Подстилочный навоз	0,100
Бесподстилочный навоз	
полужидкий (влажность 90%)	0,050
жидкий (влажность 93–97%)	0,025
навоз – стоки	0,010
Птичий помет	0,140
Компосты	
торфонавозный	0,150
торфопометный	0,200
Солома	0,200
Сидеральные удобрения	0,070

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите источники, состав и количество поступающих в почву органических остатков.
2. Охарактеризуйте процессы превращения органических остатков в почве.
3. Какое количество растительных остатков попадает в почву: в степи, на суходольных лугах лесной зоны, при возделывании на пашне однолетних культур, многолетних трав?
4. Их каких перечисленных органических остатков: хвоя, солома яровой пшеницы, древесные остатки, корнепожнивные остатки зерновых культур, сидерат донник – образуется больше всего гумуса?
5. Какие группы органических веществ составляют гумус?
6. Каковы особенности гумусообразования и состав гумуса в различных типах почв?
7. Расскажите о свойствах гуминовых и фульвокислот.
8. Что такое гумификация и какие условия благоприятны для процессов гумификации?
9. Из каких химических элементов состоит молекула гумусовых кислот?
10. Какие функциональные группы определяют емкость поглощения гумусовых кислот?
11. В чем заключается сущность процесса минерализации органических остатков и гумуса?
12. Какие процессы относят к трансформации органических веществ в почве?
13. Какова роль гумусовых кислот в процессах почвообразования?
14. Взаимодействие гумусовых кислот с минеральными компонентами почвы и их производные.
15. Назовите основные функции органического вещества в почве.

16. Какая емкость поглощения характерна для гуминовых и фульвокислот?

17. В каких почвах формируется грубогумусовый профиль?

18. В каких почвах формируется аккумулятивный, полноразвитый гумусовый профиль?

19. Какова роль гумуса в плодородии почвы?

20. Назовите приходные и расходные статьи гумусового баланса.

21. Каковы пути регулирования в почвах количества гумуса и его качественного состава?

22. Дайте сравнительную оценку методам определения углерода гумуса почв.

23. Методы диагностики гумусового состояния почв.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКИМ (ТРИЛОНОМЕТРИЧЕСКИМ) МЕТОДОМ

Твердая фаза почвы представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц различной величины – от крупных до коллоидных (менее 0,0001 мм). Их количество в почве различно – от 1–2 до 30–40% к массе почвы.

Благодаря содержанию тонкодисперсных частиц и пористости почва обладает способностью задерживать вещества, соприкасающиеся с ней.

Основная роль в явлениях поглощения принадлежит почвенным коллоидам. По вещественному составу коллоиды почвы могут быть:

1. Минеральные (в основном это вторичные глинные минералы: монтмориллонит, каолинит, вермикулит, гидрослюда и др.).

2. Органические (гумусовые кислоты и их соли, белки).
3. Органоминеральные (соединения гумусовых веществ с глинистыми минералами и полуторными оксидами).

В большинстве почв преобладают минеральные коллоиды, составляющие 85–90 % их общей массы.

Сумму всех коллоидов почвы К. К. Гедройц назвал почвенным поглощающим комплексом (ППК).

Свойство почвы поглощать жидкости, газы, солевые растворы, удерживать твердые частицы и живые организмы получило название поглотительной способности почвы.

К. К. Гедройц выделил пять видов поглотительной способности: механическую, биологическую, физическую, химическую и физико-химическую, или обменную.

Физико-химическая (обменная) поглотительная способность – способность почвы обменивать ионы, находящиеся в компенсирующем слое коллоидов, на эквивалентное количество ионов почвенного раствора. Коллоиды, заряженные положительно, поглощают и обменивают анионы, коллоиды, заряженные отрицательно, поглощают и обменивают катионы.



Для катионного обмена в почвах характерны следующие закономерности:

- обмен между поглощенными катионами твердой фазы почвы и катионами почвенного раствора происходит в эквивалентных количествах;
- при одинаковой концентрации ионов в растворе энергия поглощения возрастает с увеличением валентности и атомной массы иона;
- имеющиеся в почве поглощенные катионы можно вытеснить любым другим катионом почвенного раствора;
- обменное поглощение носит обратимый характер;

– обмен катионов происходит с разной скоростью. Реакция обмена катионов внешнего слоя коллоидов на катионы почвенного раствора протекает мгновенно, катионы потенциалопределяющего слоя вытесняются медленнее.

В поглощенном состоянии в почвах могут находиться различные катионы. К числу важнейших обменных катионов относят Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ , Al^{3+} .

Общее количество всех поглощенных катионов в почве, способных к обмену на катионы раствора, взаимодействующего с почвой, называют ёмкостью катионного обмена (ЕКО). Величина ЕКО зависит от минералогического, гранулометрического состава, содержания и качества органического вещества, реакции среды. В различных почвах она изменяется от 2–3 до 60–70 мг-экв/100 г почвы.

Благодаря разнообразию природных условий и особенностям почвообразовательного процесса состав обменных катионов у различных почв разный. Обменными катионами в черноземах являются преимущественно кальций и магний. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы наряду с кальцием и магнием содержат H^+ и Al^{3+} . Солонцы и солонцеватые почвы содержат обменный Na^+ .

Общее содержание поглощенных катионов оснований (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) называют суммой обменных оснований (S).

В зависимости от состава обменных катионов все почвы делят на две группы:

- почвы, насыщенные основаниями (черноземы, каштановые, солонцы);
- почвы, не насыщенные основаниями (подзолы, дерново-подзолистые, торфа верховых болот).

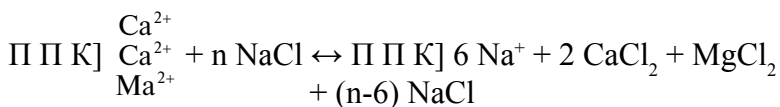
Для относительной оценки количества обменных оснований, содержащихся в почве, используют показатель степени насыщенности почв основаниями (V).

Значение анализа. Состав обменных катионов существенно влияет на плодородие почв. Почвы с высоким содержанием обменного водорода и алюминия обладают кислотностью, бесструктурны, имеют плохие физические свойства. В почвах с абсолютным преобладанием кальция и магния при благоприятном их соотношении 4: 1 или 5: 1 образуется агрономически ценная водопрочная структура, улучшаются водно-физические свойства, реакция становится нейтральной.

При значительном содержании обменного магния свойства почв ухудшаются, повышается растворимость гумусовых веществ, ухудшается структура, снижается водопроницаемость.

При высоком содержании натрия образуется неблагоприятная в агрономическом отношении столбчатая и глыбистая структура. Почва во влажном состоянии сильно набухает и не способна пропускать воду. Реакция почвенного раствора при наличии натрия – щелочная. Липкость и сопротивление обработки солонцов в 3–4 раза больше, чем почв, насыщенных Ca^{2+} и Mg^{2+} . Наличие натрия в коллоидной части почв значительно снижает их плодородие.

Принцип метода. Обменные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} вытесняют из почвы 1,0 н. раствором NaCl . При этом Ca^{2+} и Mg^{2+} переходят в раствор в виде хлористых солей.



Количественное определение вытесненных катионов трилонометрическим методом основано на способности некоторых органических соединений (комплексонов) образовывать растворимые в воде соединения с катионами кальция и магния различной прочности и окраски. Среди

этой группы комплексонов наибольшее распространение имеет трилон Б – двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты.

Индикатором при определении суммы Ca^{2+} и Mg^{2+} служит хромоген черный ($\text{C}_{20}\text{H}_{13}\text{O}_7\text{N}_5\text{S}$), который при образовании комплекса с кальцием и магнием окрашивает раствор (при pH 10,0) в вишнево-красный цвет. При титровании трилоном Б происходит разрушение окрашенных соединений, вместо них образуются более устойчивые, но бесцветные соединения Ca и Mg с трилоном Б, и раствор приобретет синий или голубовато-синий цвет (цвет хромогена черного).

Ход анализа

1. Беззольный фильтр складывают вчетверо, подгоняют к стенкам воронки и смачивают дистиллированной водой. Затем воронку с фильтром вставляют в колбу объемом 500 мл.

2. На технохимических весах берут навеску почвы точно 5 г и помещают почву на фильтр в воронке.

3. Промывают почву на фильтре 1,0 н. NaCl до полного вытеснения катионов из почвы, приливая его по палочке с таким расчетом, чтобы слой жидкости над почвой не превышал 1,5–2,0 см. Каждую следующую порцию 1,0 н. NaCl следует приливать после того, как полностью профильтруется предыдущая. Такое промывание способствует более быстрому вытеснению Ca и Mg из почвы.

4. Когда соберется около 250 мл фильтрата, делают пробу на полноту вытеснения Ca и Mg из почвы. Для этого в пробирку собирают из-под воронки 2–3 мл фильтрата, прибавляют 1 мл 4%-го раствора щавелево-кислого аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$) и доводят до кипения. Появление в пробирке тонкокристаллического осадка щавелево-

кислого кальция (CaC_2O_4) в виде мути показывает, что Са и Mg еще поступают из почвы. В таком случае промывание почвы 1,0 н. NaCl продолжают. Через некоторое время пробу на полноту вытеснения повторяют.

5. После вытеснения Са и Mg из почвы в раствор цилиндром измеряют объем фильтрата.

6. Отбирают 50 мл фильтрата, помещают его в колбу емкостью 100 мл.

7. Приливают 5 мл аммиачного буферного раствора для создания щелочной реакции.

8. Прибавляют 13–14 капель индикатора хромогена черного.

9. Оттитровывают 0,05 н. раствором трилона Б до изменения вишнево-красной окраски на синюю или голубовато-синюю. Записывают количество трилона Б, пошедшего на титрование.

Результаты записывают в форму 10.

Форма 10

Навеска почвы, г	Объем фильтрата, мл	Взято фильтрата для титрования, мл	Пошло на титрование 0,05 н. трилона Б, мл	Сумма Са и Mg, мг-экв/100 г почвы
c	b_1	b_2	a	S
		50		

Сумму обменных катионов вычисляют по формуле

$$S = \frac{a \cdot 0,05 \cdot b_1 \cdot 100 \cdot K_r}{c \cdot b_2} \text{ (мг-экв/100 г почвы),}$$

где a – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;

0,05 – нормальность трилона Б;

b_1 – общий объем фильтрата, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

K_r – коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву;

c – навеска почвы, г;

b_2 – взято фильтрата для титрования, мл.

Вычисление насыщенности почв основаниями.

Степенью насыщенности почв основаниями называют отношение суммы обменных оснований к емкости поглощения, выраженное в процентах.

Степень насыщенности почв основаниями показывает, какая часть от всех поглощенных катионов почвы приходится на поглощенные основания.

Степень насыщенности (V) вычисляют по формуле

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

$$\text{ЕКО} = S + H_r, \quad V = \frac{S \cdot 100}{S + H_r},$$

где S – сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы;

100 – коэффициент пересчета в проценты;

H_r – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы.

Степень насыщенности почв основаниями вычисляют для определения нуждаемости почв в известковании. Кроме этого показателя, определяют величину обменной кислотности (рН солевой суспензии) и гранулометрический состав почвы (табл. 28).

Таблица 28

Потребность почвы в известковании в зависимости от ее свойств (по М. Ф. Корнилову)

Почвы по гранулометрическому составу	Потребность в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	рН	$V, \%$	рН	$V, \%$	рН	$V, \%$	рН	$V, \%$
Тяжело- и среднесуглинистые	< 4,5	50	4,5–5,0	50–60	5,0–5,5	65–75	> 5,5	> 75
Легкосуглинистые	< 4,5	40	4,5–5,0	40–60	5,0–5,5	60–70	> 5,5	> 70
Супесчаные и песчаные	< 4,5	35	4,5–5,0	35–40	5,0–5,5	50–60	> 5,5	> 60
Торфяные и торфяно-болотные	< 3,5	35	3,5–4,2	35–55	4,2–4,8	55–60	> 4,8	> 65

Пример расчета. Сумма обменных оснований дерново-подзолистой почвы составила 6 мг-экв/100 г почвы, гидролитическая кислотность – 5,7 мг-экв/100 г почвы.

Степень насыщенности основаниями $V = \frac{6}{6 + 5,7} \cdot 100 = 51,3 \%$.

Почва основаниями не насыщена, в известковании нуждается.

Задания для самостоятельной работы

1. Напишите схему состава катионов почвенного поглощающего комплекса следующих почв: дерново-подзолистой; серой лесной оподзоленной; чернозема оподзоленного, выщелоченного, обыкновенного солонцеватого; солонца; солоди.

2. Напишите схему состава катионов почвенного поглощающего комплекса для почв, насыщенных основаниями.

3. Напишите схему состава катионов почвенного поглощающего комплекса для почв, не насыщенных основаниями.

4. Напишите уравнение обменного поглощения кальция, если в почву с кислой реакцией вносится известь.

5. Напишите уравнение химического поглощения PO_4^{3-} из суперфосфата карбонатной почвой.

6. Напишите уравнение обменного поглощения кальция, если вносится гипс в солонец.

7. Напишите уравнение химического поглощения PO_4^{3-} из аммофоса ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) черноземом карбонатным.

8. Определите емкость поглощения для почв со следующими показателями, мг-экв/100 г почвы:

8.1. $\text{Ca}^{2+} - 4$; $\text{Mg}^{2+} - 2$; $\text{H}_r - 8$.

8.2. $\text{S} - 20$; $\text{H}_r - 5$.

8.3. $\text{Ca}^{2+} - 15$; $\text{Mg}^{2+} - 5$; $\text{Na}^+ - 10$.

8.4. $S - 40$; $H_r - 4,5$.

8.5. $Ca^{2+} - 22$; $Mg^{2+} - 2$; $H_r - 4$.

9. Напишите уравнение обменного поглощения NH_4^+ из $(NH_4)_2SO_4$ дерново-подзолистой почвой.

10. Определите степень насыщенности почв основаниями и решите вопрос о нуждаемости их в извести по следующим данным (мг-экв/100 г почвы):

10.1. $S - 32$; $H_r - 4$.

10.2. $Ca^{2+} - 4$; $Mg^{2+} - 1$; $H_r - 9$.

10.3. $S - 12$; $H_r - 9$.

10.4. $EKO - 20$; $H_r - 5$.

10.5. $Ca^{2+} - 3,5$; $Mg^{2+} - 2,5$; $H_r - 8$.

10.6. $S - 5$; $H_r - 7,5$.

10.7. $Ca^{2+} - 5$; $Mg^{2+} - 1,5$; $EKO - 12$.

10.8. $S - 10,5$; $EKO - 15,5$.

10.9. $S - 5,2$; $H_r - 4$.

10.10. $Ca^{2+} - 3,5$; $Mg^{2+} - 1,5$; $H_r - 7,5$.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие по размеру частицы относятся к коллоидам?

2. Строение и основные свойства почвенных коллоидов.

3. Какие почвенные коллоиды относятся к ацидоидам, а какие к базоидам?

4. Происхождение, состав и агрономическое значение почвенных коллоидов.

5. В чем сущность явлений коагуляции и пептизации почвенных коллоидов и какое это имеет значение для агрономических свойств почвы?

6. Что представляет собой ППК?

7. Дайте краткую характеристику отдельных видов поглотительной способности.

8. Каковы основные закономерности физико-химического поглощения в почвах?

9. Как можно определить сумму поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвах?

10. Что такое обменное поглощение катионов и чем оно обусловлено?

11. Какова емкость поглощения в различных типах почв?

12. Сущность и значение биологического поглощения в почвах.

13. Какие из перечисленных катионов являются коагуляторами: Na^+ , H^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , NH_4^+ ?

14. В каких почвах коллоиды находятся в состоянии геля: подзолистых, солонцеватых, солончаках, каштановых, черноземах, солодых, солонцах?

15. Какие из перечисленных веществ относятся к почвенному поглощающему комплексу: песок, пыль, ил, гумус, гравий, коллоиды?

16. В каких почвах коллоиды находятся в состоянии золя: подзолистых, солонцах, черноземах, солончаках?

17. Какая емкость катионного поглощения характерна для дерново-подзолистой почвы, серой лесной оподзоленной, чернозема?

18. Какие из перечисленных катионов поглощаются химически: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Al^{3+} , Na^+ , NH_4^+ ?

19. Почему одновалентный катион H^+ поглощается и удерживается в ППК лучше, чем катионы Na^+ и K^+ ?

20. В каких почвах и какими приемами необходимо регулировать состав обменных катионов?

11. КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ

Реакция почв является одним из важнейших ее свойств. Она обусловлена наличием в почвенном растворе ионов водорода (H^+), гидроксила (OH^-) и их соотношением. Реакция почвы характеризуется величиной pH, представляющей собой отрицательный логарифм

активности ионов водорода. При увеличении концентрации H^+ раствор приобретает кислую реакцию, величина рН снижается. При уменьшении концентрации H^+ реакция становится нейтральной или щелочной, рН возрастает.

При кислой реакции $pH < 7,0$; при нейтральной – $pH = 7,0$; при щелочной – $pH > 7,0$.

Реакция почвенного раствора зависит от наличия в нем свободных кислот и оснований, степени их диссоциации, присутствия кислых и основных солей, а также от состава обменных ионов ППК. В различных почвах она изменяется от сильнокислой до сильнощелочной ($pH\ 3,5-10,5$).

В свою очередь, от реакции почвенного раствора зависят свойства почвы и характер процессов, протекающих в ней. С реакцией среды связаны растворимость многих соединений и доступность элементов питания растениям, жизнедеятельность микроорганизмов, образование гумусовых кислот, распад и синтез минералов.

Сильнокислую и кислую реакцию имеют торфяники верховых болот, подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Черноземы, темно-серые лесные и темно-каштановые почвы имеют реакцию, близкую к нейтральной. Наиболее щелочная реакция у содовых солончаков и многонариевых солонцов.

Сельскохозяйственные растения предъявляют разные требования к реакции почв (табл. 29). Наиболее благоприятна слабокислая или нейтральная реакция.

С реакцией почвенного раствора тесно связана жизнедеятельность почвенной микрофлоры. В кислой среде преобладает грибная микрофлора, в нейтральной и слабощелочной – бактериальная.

Таблица 29

Значение pH для развития растений и микроорганизмов

Растения	Оптимум pH _в	Пределы pH _в	Растения, микроорганизмы	Оптимум pH _в	Пределы pH _в
Пшеница	6–7	5–8	Табак	4,5–6,5	–
Ячмень	–	6–7,2	Люпин	4–5	4–6
Рожь	5–6	4–7	Горох	6–7	5–8
Овес	5–6	4–8	Грибы	3,5–6,0	–
Картофель	5	4–8	Азотобактер	6–8	–
Люцерна	7–8	6–8	Нитрификаторы	6,8–8,0	–
Клевер	6,0–6,5	5–8	Денитрификаторы	7,0–8,0	–
Лен	5–8	4–7			

Кислотность почвы – способность почв подкислять воду и растворы солей. Различают *актуальную* и *потенциальную* кислотность, которая подразделяется на обменную и гидrolитическую.

Актуальная кислотность – кислотность почвенного раствора, обусловленная в основном наличием в нем угольной кислоты, а также свободных органических кислот и различных компонентов, проявляющих кислотные свойства. Актуальная кислотность определяется в водной суспензии или водной вытяжке, поэтому к индексу pH добавляют индекс «в» или «H₂O» (pH_{H₂O}).

Потенциальная кислотность определяется количеством H⁺ и Al³⁺, находящихся в почвенном поглощающем комплексе. Потенциальная кислотность проявляется при взаимодействии почвы с растворами солей, катионы которых вытесняют H⁺ и Al³⁺ из обменного состояния в почвенный раствор.

Обменная кислотность проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли (1 н. KCl), при этом происходит эквивалентный обмен катионов нейтральной соли на катионы водорода и алюминия, находящиеся в компенсирующем слое коллоидов:



Образующаяся в результате взаимодействия солевого раствора с почвой соляная кислота характеризует обменную кислотность. Величину ее выражают в единицах рН солевой суспензии (рН_{KCl}) или в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы.

11.1. Определение рН потенциометрическим методом

Потенциометрический метод определения рН основан на измерении электродвижущей силы, возникающей при опускании в почвенную суспензию или вытяжку двух электродов – измерительного и электрода сравнения. Рабочей частью измерительного электрода является стеклянная мембрана. При измерении рН между мембраной и суспензией (раствором) возникает разность потенциалов, величина которой зависит от селективности ионов водорода в растворе.

Для определения рН необходимо:

1. Подготовить прибор для измерения.
2. Подготовить суспензию для измерения.

Настройка прибора проводится по инструкции, прилагаемой к рН-метру.

Приготовление суспензии. Для приготовления суспензии или вытяжки из минеральных почв берутся почва и вода (или раствор 1 н. KCl) в соотношении 1: 2,5.

Ход анализа

1. На технохимических весах берут две навески по 20 г и помещают их в колбы емкостью 100 мл.
2. Приливают в одну колбу 50 мл дистиллированной воды, в другую – 50 мл 1 н. KCl.

3. Взбалтывают суспензию на ротаторе 1 ч. Можно взбалтывать вручную 3 мин и оставить на сутки.

4. Переносят суспензию в стаканчик на 50 мл, определяют на потенциометре pH водной и солевой суспензии:

$$pH_{H_2O} - pH_{KCl}$$

По величине обменной кислотности (pH_{KCl}) определяют нуждаемость кислых почв в известковании:

при $pH_{KCl} < 4,5$ почвы сильно нуждаются в известковании;

при $pH_{KCl} 4,5-5,0$ почвы средне нуждаются в известковании;

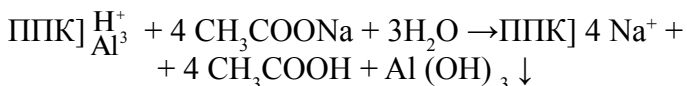
при $pH_{KCl} 5,1-5,5$ почвы слабо нуждаются в известковании;

при $pH_{KCl} > 5,5$ почвы не нуждаются в известковании.

11.2. Определение гидролитической кислотности методом Каппена

По величине гидролитической кислотности устанавливают дозу извести, необходимую для оптимизации реакции почвы.

Принцип метода. Определение гидролитической кислотности основано на том, что при взаимодействии почвы с раствором ацетата натрия (CH_3COONa) образуется уксусная кислота. Эту кислоту оттитровывают щелочью и по количеству щелочи, пошедшей на титрование, судят о величине гидролитической кислотности:



Гидролитическая кислотность, как правило, больше обменной, т.к. при обработке почвы раствором гидролитически щелочной соли ($pH 8,2$) вытесняется, кроме подвижных ионов, и менее подвижная часть поглощен-

ных ионов H^+ и Al^{3+} . Гидролитическая кислотность может рассматриваться как суммарная кислотность почвы, выраженная в миллиграмм (м-моль) эквивалентах в 100 г почвы, обозначается символом H_r .

Ход анализа

1. На теххимических весах отвешивают 40 г почвы и высыпают в колбу объемом 250 мл.

2. Приливают к почве 100 мл 1 н. раствора CH_3COONa (рН 8,2) и взбалтывают на ротаторе в течение 1 ч.

3. Суспензию отфильтровывают через сухой складчатый фильтр, перенося на фильтр и почву. Если фильтрат мутный, его перефильтровывают через тот же фильтр.

4. Отбирают 50 мл прозрачного фильтрата и переносят его в коническую колбу на 100 мл.

5. Прибавляют 2–3 капли фенолфталеина, тщательно перемешивают.

6. Оттитровывают фильтрат 0,1 н. раствором $NaOH$ до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Результаты анализа записывают в форму 11.

Форма 11

Навеска почвы, г	Добавлено к почве CH_3COONa , мл	Объем фильтрата, взятого для титрования, мл	Количество $NaOH$, пошедшее на титрование, мл	Нормальность раствора $NaOH$	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы
C	V_1	V_2	a	n	H_r

Гидролитическую кислотность (мг-экв/100 г почвы) вычисляют по формуле

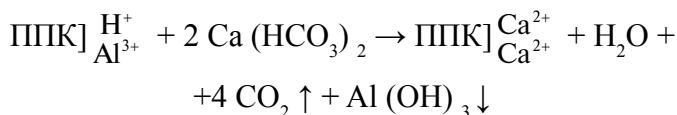
$$H_r = \frac{a \cdot n \cdot V_1 \cdot 100 \cdot 1,75 \cdot K_r}{C \cdot V_2},$$

где 100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1,75 – коэффициент пересчета на неполноту вытеснения водорода;

K_r – коэффициент гигроскопичности для пересчета на абсолютно сухую почву.

Избыточную кислотность почв устраняют известкованием, при внесении в почву извести (CaCO_3) она реагирует с углекислотой почвенного раствора и переходит в гидрокарбонат кальция, который взаимодействует с почвой:



По величине гидролитической кислотности устанавливают дозу извести (т/га), необходимую для оптимизации реакции среды. Кроме этого, необходимо знать мощность мелиорируемого (пахотного) слоя и его плотность.

Внесенная в почву известь перемешивается с пахотным горизонтом и нейтрализует кислотность этого слоя. Для вычисления дозы извести надо знать, сколько содержится ионов водорода в пахотном слое 1 га, поэтому необходимо определить массу пахотного слоя. При плотности пахотного слоя $1,35 \text{ г/см}^3$ и его мощности 20 см масса пахотного слоя на площади 1 га будет равна $1,35 \cdot 20 \cdot 100\,000\,000 = 2\,700\,000\,000 \text{ г}$, или 2 700 000 кг, или 2 700 т.

Например, гидролитическая кислотность почвы 5 мг-экв/100 г почвы (т.е. в 100 г почвы обменного водорода содержится 5 мг-экв). Тогда в 1 кг почвы будет содержаться 50 мг-экв, или 50 мг, или 0,05 г, а во всем пахотном слое на площади 1 га $0,05 \cdot 2700 = 135 \text{ кг}$. Вот это количество обменных ионов водорода необходимо нейтрализовать. На нейтрализацию 1 кг обменного водорода

требуется 50 кг извести. Поэтому на 1 га требуется $135 \cdot 50 = 6750$ кг = 67,5 ц/га, или 6,75 т/га.

Дозу извести можно рассчитать по формуле

$$D \text{ CaCO}_3 = H_r \cdot 0,05 \cdot h \cdot d_v$$

С учетом влажности и действующего вещества известкового материала дозу извести, т/га, рассчитывают по формуле

$$D \text{ CaCO}_3 = \frac{H_r \cdot d_v \cdot h \cdot 500}{(100 - W) \cdot \text{ДВ}},$$

где H_r – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы;

d_v – плотность почвы мелиорируемого слоя, г/см³;

h – мощность мелиорируемого слоя, см;

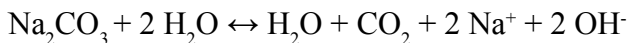
W – влажность мелиоранта, %;

ДВ – содержание действующего вещества в мелиоранте, %.

11.3. Определение обменного катиона натрия в почве методом Шолленбергера

Щелочность почв – способность почв нейтрализовать кислотные компоненты почв и подщелачивать воду. Различают два вида щелочности: *актуальную* и *потенциальную*.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей: Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и других, при диссоциации которых образуется высокая концентрация ионов гидроксид-ионов:



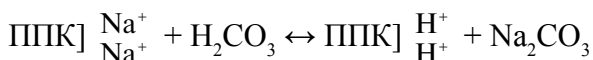
При определении актуальной щелочности различают общую щелочность, щелочность от нормальных карбонатов (Na_2CO_3 , CaCO_3 , MgCO_3) и щелочность от гидрокарбонатов (NaHCO_3 и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), которые отличаются

по граничным значениям pH_{H_2O} . Актуальная щелочность выражается величиной pH_{H_2O} или в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы при определении ее путем титрования вытяжек кислотой в присутствии различных индикаторов.

По величине pH почвенного раствора выделяют реакцию:

- слабощелочную – pH 7,1–7,5;
- среднещелочную – pH 7,6–8,5;
- сильнощелочную – pH более 8,5.

Потенциальная щелочность обусловлена наличием в ППК обменно-поглощенного иона натрия, который при определенных условиях может переходить в почвенный раствор и подщелачивать его:



Высокая щелочность почв неблагоприятна для большинства сельскохозяйственных культур. При щелочной реакции нарушается обмен веществ, снижается растворимость и доступность фосфатов, соединений железа, марганца, меди, бора и цинка. В случае резкого повышения щелочности корневые волоски растений испытывают щелочной ожог, что может привести к отмиранию. Сильнощелочные почвы характеризуются ярко выраженными отрицательными агрофизическими свойствами и неудовлетворительным водно-воздушным режимом. Сильнощелочные почвы имеют очень низкое плодородие.

Значение анализа. Содержание обменного натрия более 15% приводит к резкому повышению дисперсности органической и минеральной частей почвы и возникновению щелочной реакции. Для установления необходимости гипсования солонцов и расчета доз гипса определяют содержание обменного катиона натрия.

Принцип метода. Обменный натрий вытесняют из ППК аммонием при обработке почвы раствором уксусно-кислого аммония с последующим определением его количества на пламенном фотометре.

Ход анализа

1. На теххимических весах взвешивают 5 г почвы, помещают ее на фильтр в воронке, которую вставляют в колбу объемом 500 мл.

2. Промывают почву на фильтре декантацией 1 н. раствором $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (рН 6,6–7,0) до отрицательной реакции на кальций (проба по хромогену черному).

3. Делают пробу на полноту вытеснения Са и Mg из ППК почвы. В пробирку собирают 2–3 мл фильтрата, добавляют 3 капли индикатора – хромогена черного. Отсутствие винно-красной окраски указывает на полное вытеснение кальция и магния.

4. Объем фильтрата в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой.

5. В фильтрате определяют содержание обменного натрия на пламенном фотометре по инструкции, прилагаемой к пламенному фотометру.

По содержанию обменного натрия определяют степень солонцеватости почв (% от емкости обмена) по формуле

$$A = \frac{\text{Na} \cdot 100}{\text{ЕКО}},$$

где A – степень солонцеватости, %;

Na – содержание обменного натрия, мг-экв/100 г почвы;

100 – коэффициент пересчета в проценты;

ЕКО – емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы.

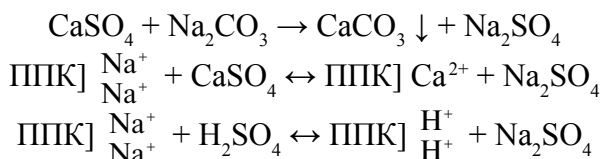
По степени солонцеватости различают почвы:

– несолонцеватые – содержат натрия менее 3 % емкости обмена;

- слабосолонцеватые – 3–5 %;
- среднесолонцеватые – 5–10 %;
- сильносолонцеватые – 10–15 %.

Эффективный прием повышения плодородия почв со щелочной реакцией – химическая мелиорация. В качестве мелиорантов широко применяют гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), различные гипсосодержащие вещества (фосфогипс) и кислые мелиорирующие вещества, в частности серную кислоту.

При внесении гипса в щелочные почвы происходит нейтрализация соды почвенного раствора и вытеснение натрия из ППК:



Важное условие эффективности химической мелиорации щелочных почв – удаление продуктов нейтрализации, чаще всего серно-кислого натрия. Для его удаления применяют промывание почв.

Для улучшения свойств солонцов и солонцеватых почв в качестве химического мелиоранта чаще всего используют гипс.

Количество гипса (т/га), необходимое для замены избытка поглощенного натрия кальцием, находят по формуле

$$D = 0,086 (\text{Na} - 0,05 E) \cdot h \cdot d_v,$$

где 0,086 – значение 1 мг-экв. гипса, г;

Na – содержание обменного натрия, мг-экв/100 г почвы;

0,05 E – при расчетах доз гипса допускают, что 5 % натрия от емкости поглощения может оставаться в почвах, т.к. не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы;

E – емкость обмена, мг-экв/100 г почвы;

h – глубина пахотного слоя, см;

d_v – плотность мелиорируемого слоя, г/см³.

Для гипсования применяют не чистый гипс, поэтому окончательную дозу его вычисляют с учетом содержания $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

$$\text{Доза гипса} = \frac{D \cdot 100}{\text{ДВ}},$$

где ДВ – действующее вещество, содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в мелиоранте, %.

Задания для самостоятельной работы

1. По данным, выраженным в мг-экв /100 г почвы, определите, нуждается ли почва в химической мелиорации, если нуждается, то в какой.

Примечание. При решении этих задач обратите внимание на величину рН водной суспензии (рН_{Н₂О}).

1.1. S – 14; ЕКО – 22; рН_{Н₂О} – 5,0.

1.2. ЕКО – 15,5; Н_г – 8.

1.3. S – 20; Na⁺ – 5.

1.4. ЕКО – 20; S – 12; рН_{Н₂О} < 7,0.

1.5. ЕКО – 28; Ca²⁺ + Mg²⁺ – 22; рН_{Н₂О} > 7,0.

1.6. Ca²⁺ – 8; Mg²⁺ – 3; Н_г – 6.

1.7. S – 27; Na⁺ – 8.

1.8. ЕКО – 38; Ca²⁺ + Mg²⁺ – 33; рН_{Н₂О} > 7,0.

1.9. Ca²⁺ + Mg²⁺ – 6,5; ЕКО – 9; рН_{Н₂О} < 7,0.

1.10. ЕКО – 25; S – 18; рН_{Н₂О} < 7,0.

1.11. ЕКО – 40; Ca²⁺ + Mg²⁺ – 35; рН_{Н₂О} > 7,0.

1.12. Ca²⁺ + Mg²⁺ – 49; S – 55; рН_{Н₂О} > 7,0.

2. Для создания культурного пахотного слоя (0–20 см) требуется узнать, нуждается ли почва в мелиорирующем веществе и в какой дозе, по показателям, приведенным в табл. 30.

Таблица 3

Данные анализов различных типов почв

Почва	Горизонт	Мощность, см	мг-экв/100 г почвы		d_v
			H_r	S	
1	A_1	2–15	7,61	8,20	1,30
	A_2	15–26	5,60	5,48	1,50
2	A_1	3–9	7,85	5,50	1,39
	A_2	9–25	3,59	2,20	1,50
3	A_1	3–12	8,83	10,15	1,25
	A_2	12–22	3,89	3,60	1,50
4	A_1	3–15	4,05	9,17	1,30
	A_2	15–25	1,25	4,11	1,50
5	A_1	2–15	3,65	9,27	1,27
	A_2	15–27	1,30	4,11	1,50
6	A_1	0–9	8,95	2,53	1,35
	A_2	9–25	3,78	2,01	1,50

3. Определите степень нуждаемости в мелиорирующем веществе и рассчитайте его дозу для пахотного слоя (0–20 см) по показателям табл. 31.

Таблица 31

Данные анализов различных типов почв

Почва	Горизонт	Глубина, см	мг-экв/100 г почвы				d_v , г/см ³
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	S	
1	A_1	0–12	18,06	4,31	5,25	27,62	1,27
	B_1	12–23	12,00	3,04	13,33	28,37	1,49
2	A_1	0–10	27,13	9,57	8,50	45,20	1,35
	B_1	10–23	11,44	6,33	13,23	31,00	1,51
3	A_1	0–18	19,89	5,82	1,60	27,01	1,26
	B_1	18–27	24,33	6,72	5,46	36,45	1,47
4	A_1	0–10	27,16	9,57	8,50	45,23	1,25
	B_1	10–23	11,44	6,38	13,23	31,05	1,49
5	A_1	0–10	47,97	9,64	3,86	61,47	1,20
	B_1	10–35	34,32	9,18	6,70	50,20	1,51
6	A_1	0–5	7,41	2,38	8,10	17,89	1,12
	B_1	5–12	2,22	2,04	17,40	21,66	1,50
	B_2	12–24	1,68	1,89	23,29	26,86	1,54

4. Рассчитайте дозу извести для приготовления тепличных грунтов:

	Масса, т	pH	H_p м-моль/100 г
4.1. Торфяной грунт	500	3,5	100
4.2. Смешанный грунт	300	4,5	27,5
4.3. Обычная кислая почва	500	4,8	7,8
4.4. Торфяной грунт	300	4,0	58
4.5. Смешанный грунт	400	4,5	30
4.6. Обычная почва	600	4,9	8,5
4.7. Тепличный грунт	450	4,2	68
4.8. Смешанный грунт	600	4,5	29
4.9. Смешанный грунт	800	4,0	50

5. Рассчитайте дозу гипса для почв, характеризующихся следующими свойствами:

5.1. Солонец многонатриевый, содержащий обменного натрия 8 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового горизонта 22 см, $d_v - 1,6 \text{ г/см}^3$, емкость поглощения (E) – 26 мг-экв/100 г.

5.2. Солонец малонатриевый, содержащий обменного натрия 3 мг-экв/100 г, обменного магния – 10 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 21 см, $d_v - 1,75 \text{ г/см}^3$, E – 36 мг-экв/100 г.

5.3. Солонец, содержащий обменного натрия 7,5 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 24 см, $d_v - 1,65 \text{ г/см}^3$, E – 25 мг-экв/100 г.

5.4. Солонец многонатриевый, малогумусный, содержащий обменного натрия 8,5 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 18 см, $d_v - 1,7 \text{ г/см}^3$, E – 20 мг-экв/100 г.

5.5. Солонец многонатриевый, многогумусный, содержащий обменного натрия 10 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 20 см, $d_v - 1,6 \text{ г/см}^3$, E – 30 мг-экв/100 г.

6. Определите мощность припахиваемого горизонта при обработке солонца:

6.1. Мощность надсолонцового горизонта A_1 –7 см, солонцового горизонта B_1 –19 см, доза гипса, рассчитанная по обменному натрию, – 13 т/га, d_v – 1,6 г/см³, содержание гипса – 13 %.

6.2. Солонец средний: A_1 –15 см, B_1 –15–38 см, $B_{\text{гипс}}$ – 38–55 см, норма гипса, рассчитанная по натрию, – 25 т/га, ПС гипсового горизонта – 1,7, содержание гипса – 7,5 %.

6.3. Солонец средний: A_1 –13 см, B_1 –13–28 см, $B_{\text{гипс}}$ – 25–50 см, доза гипса по натрию – 20 т/га, d_v – 1,6 г/см³, содержание гипса – 12 %.

7. Определите глубину отвальной плантажной вспашки, если под солонцовым горизонтом располагается гипсовый горизонт:

7.1. A_1 –6 см, B_1 –6–28 см, доза гипса по натрию – 26 т/га, d_v гипсового горизонта – 1,7 г/см³, содержание гипса – 16 %.

7.2. Солонец мелкий, A_1 –6 см, B_1 –7–30 см, $B_{\text{гипс}}$ – 30–45 см, доза гипса по натрию – 28 т/га, d_v гипсового горизонта – 1,8 г/см³, содержание гипса – 8 %.

7.3. Почва имеет горизонты A_1 –7 см, B_1 –7–36 см, $B_{\text{гипс}}$ – 36–58 см, доза гипса по натрию – 16 т/га, d_v гипсового горизонта – 1,6 г/см³, содержание гипса – 7 %.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение кислотности почв и назовите ее виды.

2. Какова природа потенциальной кислотности?

3. Каковы происхождение и виды почвенной щелочности?

4. Что такое pH? Каковы пределы ее изменения в различных почвах?

5. Какой бывает реакция почвенного раствора в различных почвах и от чего она зависит?

6. Какие из перечисленных соединений вызывают активную кислотность почв: гуминовые кислоты, HCl , KCl , фульвокислоты, CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, NH_4NO_3 ?

7. Какими катионами в почве вызывается обменная кислотность: Na^+ , K^+ , H^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} ?

8. Какие катионы в почве обуславливают гидролитическую кислотность: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , K^+ ?

9. В каких почвах, различающихся по гумусированности, гранулометрическому составу и емкости катионного обмена, будет идти более интенсивное подкисление:

9.1. частиц $< 0,01$ –15%, гумуса – 1,5%, ЕКО – 8 мг-экв/100 г

9.2. 35 % 6,0 % 30 мг-экв/100 г

9.3. 25 % 7,0 % 32 мг-экв/100 г

9.4. 25 % 4,0 % 27 мг-экв/100 г.

10. Какие негативные последствия вызывает повышенная щелочность почв?

11. Как влияет избыточная кислотность на агроэкологические свойства почв?

12. Какими химическими соединениями вызывается актуальная щелочность?

13. Чем отличается актуальная щелочность от потенциальной?

14. Какими обменными катионами вызывается потенциальная щелочность: H^+ , K^+ , NH_4^+ , Na^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} ?

15. Назовите пределы колебаний $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ для почв: сильнокислых, нейтральных, щелочных.

16. Какие процессы вызывают потенциальную щелочность в почвах: оподзоливание, оглеение, черноземообразование, разложение растительных остатков, осолодение, осолонцевание?

17. Назовите пределы колебаний pH_{H_2O} для почв: слабокислых, слабощелочных, среднекислых, сильнощелочных.

18. С помощью каких приемов регулируют почвенную кислотность и щелочность?

12. ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР. АНАЛИЗ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ

Почвенный раствор – жидкая фаза почвы – влага, содержащая растворенные соли, органические, органо-минеральные соединения, газы и коллоидные частицы. Содержание влаги в почвах изменяется в очень широких пределах в зависимости от количества и характера выпадения атмосферных осадков, конденсации паров воды и поступления грунтовых вод. В орошаемом земледелии важную роль играет поливная вода.

В автоморфных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод питание почвенных растворов осуществляется за счет дождевых и талых вод. Почвенный раствор формируется при взаимодействии поступившей в почву влаги с ее твердой, газовой и живой фазами.

Компоненты почвенного раствора – это в основном продукты выветривания и почвообразования. Некоторое количество элементов и соединений поступает в почву с атмосферными осадками, удобрениями, мелиорантами и пестицидами. В почвах грунтового увлажнения значительная часть растворенных веществ поступает из грунтовых вод.

В почвенном растворе вещества находятся в виде ионов, молекул или коллоидов. Катионы представлены Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , NH_4^{+} , H^{+} . В сильнокислых почвах в почвенном растворе содержатся Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , в переувлажненных – Fe^{2+} и Mn^{2+} .

Среди анионов в почвенном растворе преобладают HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} . Некоторое количество ионов находится в виде комплексных соединений.

Из органических соединений в почвенном растворе присутствуют водорастворимые продукты трансформации органических остатков и жизнедеятельности живых организмов (органические кислоты, сахара, спирты и т. д.) и гумусовые кислоты.

Почвенные растворы играют очень важную роль в почвообразовании и плодородии почв, они находятся в постоянном и тесном взаимодействии с твердой, газовой фазами почв и корнями растений. С концентрацией и химическим составом почвенного раствора связаны: реакция среды, водное питание, окислительно-восстановительное состояние, наличие токсических веществ и др.

Важнейшими показателями характеристики почвенного раствора являются концентрация, состав, величина pH, осмотическое давление и окислительно-восстановительное состояние.

Изучение почвенного раствора возможно непосредственно в почве или после его выделения. Почвенные растворы выделяют: отпрессовыванием, давлением сжатого газа, центрифугированием, вытеснением (замещением) другой жидкостью. При влажности почвы больше наименьшей влагоемкости для количественного учета и изучения растворов используют специальные устройства – лизиметры. Наряду с этими методами определение легкорастворимых солей и оценку засоления почв проводят методом водной вытяжки. Анализ водной вытяжки позволяет определить степень засоленности почв и состав солей.

При определении засоленности почв в водной вытяжке определяют сухой остаток (общую сумму водорастворимых веществ), состав анионов (CO_3^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) и катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+). Полученные дан-

ные выражают в миллиграмм-эквивалентах с точностью до 0,01 и в процентах с точностью до 0,001.

Значение анализа. Отрицательное влияние концентрированных почвенных растворов на сельскохозяйственные растения объясняется следующими факторами: высоким осмотическим давлением, мешающим нормальному поступлению влаги и питательных веществ в корневые системы растений, отравляющим влиянием карбонатов, хлоридов, сульфатов, щелочей на ткани растений, нарушением нормального соотношения элементов минерального питания, необходимых для растений.

Принцип метода. Химический состав почвенного раствора и концентрацию солей изучают методом водной вытяжки. Метод водной вытяжки заключается в кратковременной обработке почвы водой с последующей фильтрацией жидкости. *Полученный фильтрат называют водной вытяжкой и подвергают дальнейшему исследованию.* Метод водной вытяжки является условным и дает лишь качественное представление о составе почвенного раствора и его концентрации.

Для приготовления водной вытяжки берется навеска воздушно-сухой почвы, прошедшей через сито в 1 мм. Отношение между количеством почвы и воды – 1:5, время взаимодействия воды с почвой – 3 мин.

Ход анализа

Приготовление водной вытяжки

1. На теххимических весах взвешивают 100 г воздушно-сухой почвы.
2. Навеску переносят в литровую колбу и приливают пятикратное количество (500 мл) дистиллированной воды.
3. Взбалтывают содержимое в течение 3 мин и профильтровывают через двойной складчатый фильтр. Что-

бы коллоидная муть не проходила через фильтр, на него следует наливать не отстоявшуюся вытяжку, а вместе с почвой, так как слой почвы на фильтре задерживает коллоидные минеральные частицы. Первые мутные порции фильтрата необходимо снова вылить на фильтр. Для анализа собирают только прозрачный фильтрат.

Определение общей суммы водорастворимых веществ (плотный, сухой остаток)

1. Отбирают пипеткой 50 мл водной вытяжки, переносят в высушенную и взвешенную на аналитических весах фарфоровую чашку.

2. Взятый объем вытяжки выпаривают досуха на водяной бане.

3. Чашку снаружи протирают, а затем высушивают в сушильном шкафу при $+105^{\circ}\text{C}$ в течение 3 ч.

4. Чашку с остатками охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

5. Вычисляют сухой остаток в процентах.

$$\text{Сух. ост.} = \frac{a \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где a – масса сухого остатка, г (масса чашки с осадком минус масса пустой чашки);

V_1 – общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

100 – коэффициент перевода в проценты;

V_2 – объем вытяжки, взятой для выпаривания, мл;

C – навеска почвы, г.

Определение прокаленного остатка

Сухой остаток дает представление об общем содержании в почве минеральных и органических соединений, извлекаемых методом водной вытяжки. По величине сухого остатка устанавливают степень засоления почвы. В некоторых случаях определяют прокаленный остаток.

Прокаленный остаток дает представление о количестве водорастворимых минеральных компонентов, перешедших в водную вытяжку.

1. Фарфоровую чашку с сухим остатком помещают в муфельную печь при температуре 600°C и прокаливают в течение 1–2 ч.

2. Чашку охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

3. Чашку вновь ставят в муфель и прокаливают еще 30 мин, охлаждают и взвешивают.

4. Количество прокаленного остатка вычисляют в процентах по формуле для расчета сухого остатка.

Разность между количеством сухого и прокаленного остатков дает величину потери при прокаливании, т.е. сумму органических водорастворимых веществ.

В темноокрашенных и мутных вытяжках прокаленный остаток используют для определения SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Определение щелочности водной вытяжки

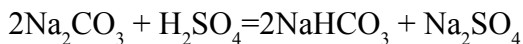
Засоленным почвам часто присуща щелочность – способность проявлять свойства оснований. При анализе водных вытяжек определяют щелочность, обусловленную CO_3^{2-} ионами (щелочность от нормальных карбонатов) и общую щелочность.

Определение щелочности от нормальных карбонатов (в почвах при $\text{pH} > 8,2$)

Щелочность от нормальных карбонатов характерна для водных вытяжек из содовых солончаков и солонцов. В карбонатных почвах эта щелочность может быть обусловлена присутствием карбонатов.

1. В колбу объемом 100–150 мл помещают 25 мл водной вытяжки.

2. Прибавляют 2 капли фенолфталеина, если раствор окрасится в розовый цвет, то его титруют 0,02 н. H_2SO_4 до обесцвечивания. Нейтрализация Na_2CO_3 по фенолфталеину идет до гидрокарбоната, т.е. Na_2CO_3 оттитровывается лишь наполовину. Поэтому общее количество ионов CO_3^{2-} равно удвоенному количеству кислоты, пошедшей на титрование:



Содержание CO_3^{2-} (мг-экв/100г почвы) вычисляют по формуле

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2a \cdot n \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где $2a$ – удвоенный объем серной кислоты, пошедшей на титрование, мл;

n – нормальность кислоты;

V_1 – общее количество воды, взятой для титрования водной вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

C – навеска почвы, взятая для приготовления водной вытяжки, г;

V_2 – объем вытяжки, взятой для титрования, мл.

% CO_3^{2-} = мг-экв CO_3^{2-} · 0,03,

где 0,03 – мг-экв CO_3^{2-} .

Определение общей щелочности

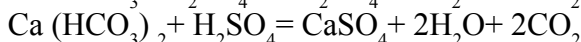
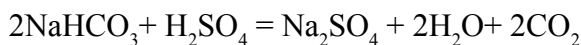
Определяют общую щелочность титрованием водной вытяжки 0,02 н. раствором H_2SO_4 в присутствии метилового оранжевого.

1. По 25 мл водной вытяжки пипеткой переносят в две колбы на 100 мл.

2. Приливают в каждую по 2 капли метилового оранжевого.

3. Оттитровывают вытяжку в одной колбочке 0,02 н. раствором до слабо-розового окрашивания. Изменение окраски из желтой (в нейтральной и слабощелочной среде)

в слабо-розовую (в кислой среде) трудноуловимо. Поэтому для точного титрования берут вторую колбу, которая служит для сравнения изменения окраски титруемой жидкости – «свидетель». Обе колбочки следует поставить на лист белой бумаги. Нужно тщательно следить за изменением окраски в колбе, в которую приливают кислоту. Как только жидкость в ней слегка порозовеет, титрование заканчивают.



4. Общую щелочность вычисляют в миллиграмм-эквивалентах HCO_3^- на 100 г почвы и в процентах. Содержание HCO_3^- в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{HCO}_3^- = \frac{2a \cdot n \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где a – количество H_2SO_4 , пошедшей на определение, мл;

n – нормальность раствора;

V_1 – общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

V_2 – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

C – навеска почвы, г.

Содержание HCO_3^- в процентах определяют по формуле

$$\text{HCO}_3^- = \frac{\text{мг-экв } \text{HCO}_3^- \cdot 61}{1000},$$

где 61 – эквивалентная масса HCO_3^- ;

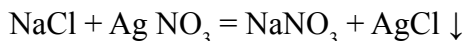
1000 – коэффициент пересчета в граммы.

Определение хлорид-иона

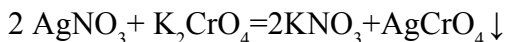
Определяют хлорид-ион титрованием водной вытяжки 0,01н. раствором AgNO_3 в присутствии индикатора – 10% -го раствора K_2CrO_4 .

3. В колбы, в которых определяли щелочность, прибавляют по 1 мл 10% -го раствора K_2CrO_4 .

4. Вытяжку в одной колбе титруют 0,01н. раствором AgNO_3 до появления красноватой окраски, вторая колба – «свидетель». Реакция идет по уравнению



При этом выпадает осадок AgCl белого цвета. Когда весь хлор будет связан с серебром, последнее вступает в реакцию с K_2CrO_4 :



Хромово-кислое серебро дает осадок красноватого цвета, появление которого определяет конец титрования. Количество хлорид-иона в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Cl}^- = \frac{a \cdot n \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где a – количество титрованного раствора AgNO_3 , пошедшего на определение, мл;

n – нормальность раствора;

V_1 – общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

V_2 – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

C – навеска почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Содержание хлорид-иона в процентах вычисляют по формуле

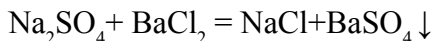
$$\text{Cl}^- = \frac{\text{мг-экв Cl}^- \cdot 35,5}{1000},$$

где 35,5 – эквивалентная масса хлора;

1000 – коэффициент пересчета в граммы.

Определение сульфат-иона

Сульфат-ион осаждается из раствора хлористым барием в форме сульфата бария. Реакция идет по уравнению



Перед количественным определением сульфат-иона проводят качественную пробу на его наличие в водной вытяжке. Для этого в пробирку наливают 5 мл водной вытяжки, прибавляют 2 капли 10%-й соляной кислоты и 1 мл 10%-го раствора хлористого бария, нагревают до кипения. Если в почвенном растворе есть сульфаты, то выпадает осадок, и тогда необходимо их количественное определение.

1. 50 мл водной вытяжки помещают в стакан объемом 100 мл.

2. Добавляют 1–2 мл 10%-го раствора соляной кислоты и доводят до кипения.

3. В кипящий раствор приливают 10 мл горячего 10%-го раствора BaCl_2 .

4. Кипятят 3–5 мин, затем оставляют в теплом месте на 15–18 ч.

5. Раствор отфильтровывают через плотный фильтр, перенося на него осадок лишь в конце фильтрования.

6. Осадок на фильтре и стакан тщательно промывают дистиллированной водой до полного удаления бария (проба с 5%-й серной кислотой).

7. Осадок с фильтром подсушивают и переносят в маленький прокаленный и взвешенный тигель.

8. Прокаливают в муфеле при температуре 600°C до постоянной массы.

9. Тигель с осадком охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

$$\% \text{SO}_4^{2-} = \frac{a \cdot V_1 \cdot 0,4114 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где a – масса осадка BaSO_4 , г;

V_1 – общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

0,4114 – коэффициент перевода BaSO_4 в SO_4 ;

C – навеска почвы, г;

V_2 – объем вытяжки, взятой для осаждения сульфатов, мл;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

$$\text{мг-экв SO}_4^{2-} = \frac{\% \text{SO}_4 \cdot 1000}{48,03},$$

где 48,03 – эквивалентная масса сульфат-иона;

1000 – коэффициент пересчета в миллиграммы.

Определение суммы кальция и магния

С помощью трилона Б определяют сумму кальция и магния, затем один кальций, что дает возможность вычислить содержание магния по разности.

1. В колбу объемом 100 мл пипеткой приливают 50 мл водной вытяжки.

2. Добавляют из бюретки 5 мл хлоридно-аммиачного буфера и 15 капель индикатора хромогена черного. Раствор окрасится в вишнево-красный цвет.

3. Оттитровывают 0,05н. раствором трилона Б до появления синей окраски. При титровании раствор необходимо постоянно перемешивать. Вишнево-красный цвет жидкости вблизи точки эквивалентности приобретает лиловую окраску, после чего титруют медленно. Содержание Са и Mg в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = \frac{a \cdot n \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где а – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;

н – нормальность трилона Б;

V_1 – общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

V_2 – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

С – навеска почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Определение кальция

1. В колбу объемом 100 мл пипеткой приливают 50 мл водной вытяжки.

2. Добавляют 2 мл 10 % -го раствора NaOH (для доведения pH раствора до 12) и всыпают лопаточкой мурексид. Раствор окрашивается в малиновый цвет.

3. Титруют 0,05 н. раствором трилона Б до перехода окраски в лиловый цвет. Титруют медленно при постоянном помешивании.

4. Содержание кальция в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{a \cdot n \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где a – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;

n – нормальность трилона Б;

V_1 – общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

V_2 – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

C – навеска почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Содержание кальция в процентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{\text{мг-экв Ca} \cdot 20}{1000},$$

где 20 – эквивалентная масса кальция;

1000 – коэффициент пересчета в граммы.

Определение магния

Содержание магния в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - \text{Ca}^{2+}.$$

Содержание магния в процентах вычисляют по формуле

$$\text{Mg}^{2+} = \frac{\text{мг-экв Mg} \cdot 12}{1000},$$

где 12 – эквивалентная масса магния;

1000 – коэффициент пересчета в граммы.

Определение суммы натрия и калия

При анализе вытяжки часто Na^+ и K^+ непосредственно не определяют, а устанавливают их количество путем вычисления. Оно основано на том, что в растворе сумма анионов эквивалентна сумме катионов. В водной вытяжке определяют анионы HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} и катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Разницу между суммой эквивалентов анионов и катионов принимают как эквивалентное количество Na^+ :

$$\text{мг-экв } \text{Na}^+ + \text{K}^+ = \text{мг-экв } (\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) - \text{мг-экв } (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}).$$

Содержание натрия в процентах вычисляют по формуле

$$\text{Na} = \frac{\text{мг-экв Na} \cdot 23}{1000},$$

где 23 – эквивалентная масса натрия;

1000 – коэффициент пересчета в граммы.

Результаты анализа записывают в форму 11.

Формалл

Сухой остаток, %	Содержание, мг-экв/100г почвы								
	анионы					катионы			
	CO_3^-	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	сумма анионов	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	сумма катионов

Для проверки точности результатов анализа водной вытяжки сравнивают сумму катионов и анионов (%) с величиной сухого остатка. Подсчитывая сумму анионов и катионов, берут половину определенного HCO_3^- , так как при получении сухого остатка половина уголекислоты карбонатов переходит в газообразное состояние по уравнению



При таком подсчете сухой остаток должен быть больше (на 3–5 %) суммы катионов и анионов.

По результатам анализа водной вытяжки определяют количество и состав водорастворимых солей в профиле почвы.

В зависимости от величины сухого (плотного) остатка различают почвы незасоленные (сухой остаток менее 0,25 %) и солончаковатые (сухой остаток от 0,25 до 1 %). Обычно повышенное содержание солей характерно для нижних горизонтов. В этих случаях к основному названию добавляют термин «солончаковатый», например солончаковатая каштановая и др.

Солончаки содержат большое количество водорастворимых солей по всему профилю и сухой остаток больше 1 %, иногда достигает нескольких десятков процентов.

Количество водорастворимых солей (т/га) вычисляют по формуле

$$C = \text{Сух. ост.} \cdot h \cdot d,$$

где C – количество солей, т/га;

Сух. ост. – сухой остаток (прокаленный остаток), %;

h – мощность слоя или горизонта почвы, см;

d – плотность почвы, г/см³.

Наряду с определением степени засоления необходимо установить тип засоления (качественный состав солей, засоляющих почву) (табл. 32).

Большое содержание солей – характерная особенность солончаков, поэтому они характеризуются низким плодородием. На засоленных почвах у культурных растений нарушается минеральное питание и обмен веществ, ослабевает фотосинтез и, как следствие, снижается урожай и его качество. Степень токсичности солей определяется их составом и растворимостью. Токсичность солей

Таблица 32

Качественный состав засоления (по Лебедеву)

Вид засоления	Cl^- SO_4^{2-}	HCO_3^- $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$	Вид засоления	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	Mg^{2+} Ca^{2+}
Хлоридный	> 2	-	Натриевый	> 2	-
Сульфатно-хлоридный	2–1	-	Магниево-натриевый	2–1	> 1
Хлоридно-сульфатный	1–0,2	-	Кальциево-натриевый	1–2	< 1
Сульфатный	< 0,2	-	Кальциево-магниевый	< 1	> 1
Карбонатно-сульфатный	< 0,2	> 1	Магниево-Кальциевый	< 1	> 1
Сульфатно-содовый	-	> 2	-	-	-

возрастает от сульфатного к содовому типу засоления. Особенно токсична сода – Na_2CO_3 . Степень засоления почв определяют в этом случае по табл. 33

Таблица 33

Степень засоления почв в зависимости от суммарного эффекта токсичных ионов

Степень засоления	«Суммарный эффект» токсичных ионов (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-}), мг-экв / 100 г почвы
Незасоленные	< 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 сильно засоленные	> 7,0 (7,5)

При засолении почв без участия гипса следует пользоваться низшими показателями «суммарного эффекта», а в присутствии гипса – высшими.

Для приблизительной оценки суммы токсичных солей можно пользоваться эмпирической формулой:

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

где Na^+ – содержание Na в водной вытяжке, мг-экв/100 г;

Mg^{2+} – содержание магния в водной вытяжке, мг-экв/ 100 г.

Распределение и состав водорастворимых солей в профиле почвы можно выразить графически (рис. 3, 4).

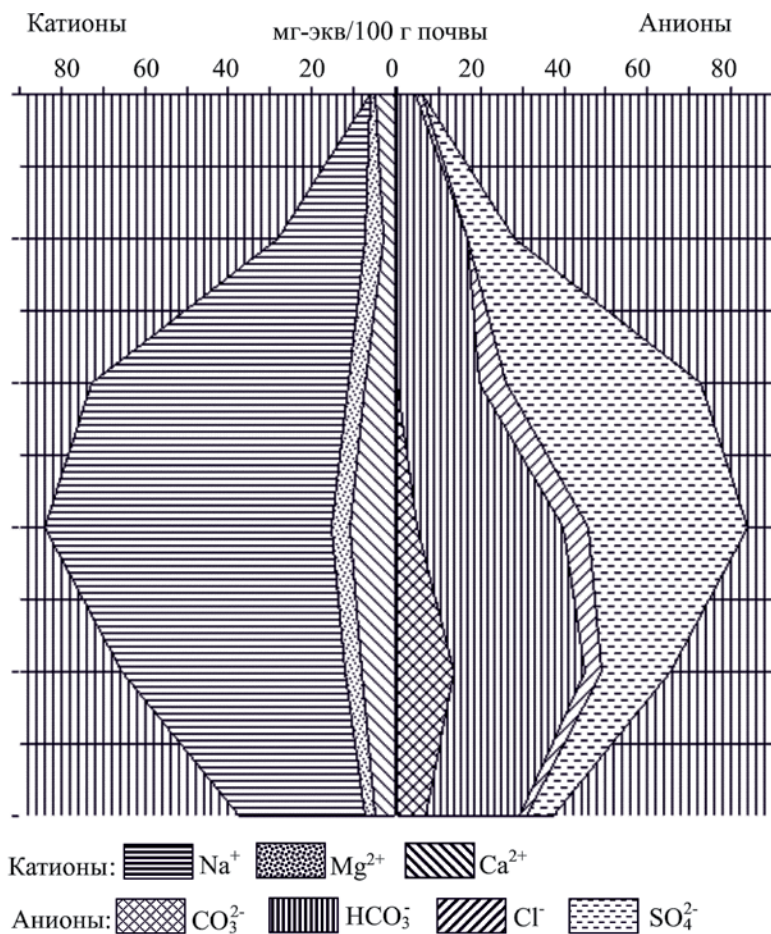


Рис. 3. Солевой профиль солонца

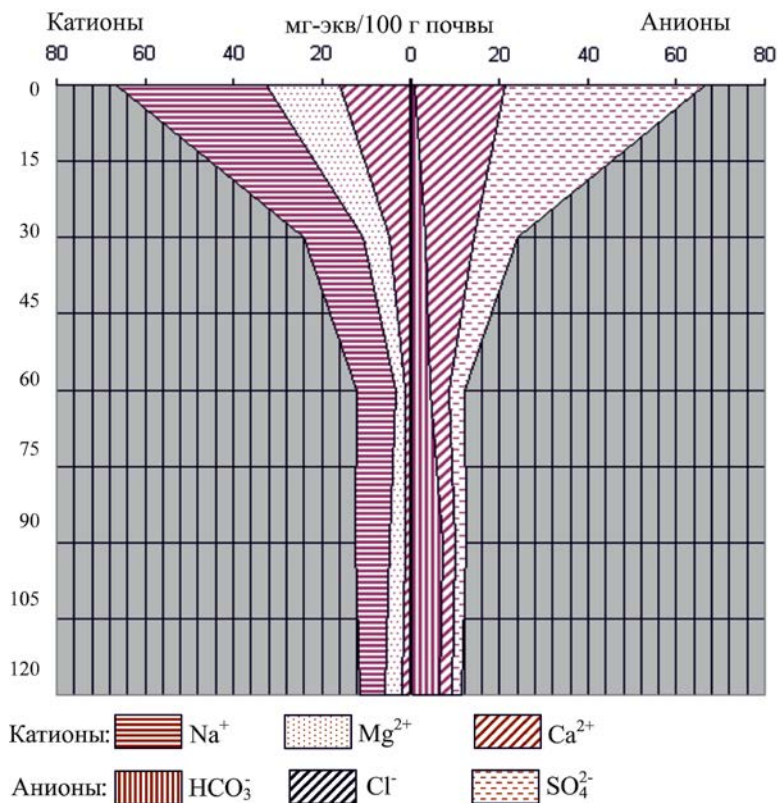


Рис. 4. Солевой профиль солончака

Задания для самостоятельной работы

1. Используя данные табл. 34, выполните следующие задания: по данным анализа водной вытяжки определите тип почвы, степень и тип засоления, вычертите график солевого профиля.

2. Используя данные таблицы 35, выполните следующие задания: определите Na по разности, степень и тип засоления.

Таблица 34

Анализ водной вытяжки

Глубина, см	Сухой оста- ток, %	Содержание, мг-экв / 100 г почвы						
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–10	Нет	0,48	0,06	Нет	0,50	0,04	Нет	7,47
10–20	«	1,67	Нет	1,14	0,30	0,42	2,09	8,0
20–30	«	1,98	0,62	4,68	0,72	0,42	6,89	8,2
30–40	0,5	3,48	0,59	3,83	1,09	0,42	6,89	8,9
40–60	1,37	3,11	0,42	1,66	0,79	0,41	5,30	9,6
80–100	0,70	2,25	0,14	0,64	0,50	0,21	3,02	9,0
0–12	5,64	Нет	0,54	58,35	30,85	20,25	17,08	53,01
23–33	4,01	«	0,50	32,04	23,81	18,1	12,66	25,59
56–65	4,37	«	0,41	71,8	8,93	3,4	14,33	63,41
100–110	1,91	«	0,36	25,1	6,39	2,35	11,5	18,0
0–10	0,4	Нет	2,8	0,3	0,8	0,5	0,8	2,6
10–20	0,75	«	4,3	0,6	1,7	1,5	1,6	3,5
20–30	0,95	0,2	1,0	0,8	12,7	0,5	0,8	14,4
40–50	1,54	0,4	1,0	4,8	20,2	0,2	0,8	25,4
50–60	2,0	0,07	0,8	4,8	22,2	0,4	1,6	25,9
60–90	1,64	0,07	0,7	7,6	14,6	0,5	2,5	20,0
0–6	4,6	Нет	0,62	20,73	45,26	16,07	16,61	33,93
12–20	1,55	«	3,06	11,0	10,18	4,74	6,03	13,47
31–41	0,85	«	4,40	4,0	3,64	1,0	2,22	8,82
53–63	0,91	«	7,16	2,71	2,66	1,15	3,37	8,01
110–120	0,79	«	6,50	2,54	2,14	1,6	4,11	5,47
0–5	3,57	Нет	13,05	9,56	27,71	3,54	3,95	42,83
16–26	2,26	«	14,34	12,21	4,56	2,34	2,14	27,63
37–47	1,51	«	11,72	6,32	2,76	1,55	1,23	18,05
67–77	1,45	«	10,47	4,85	3,66	1,0	0,33	17,35
100–110	1,18	«	9,64	2,93	3,23	2,29	2,14	11,37
130–140	1,13	«	10,65	2,45	1,94	1,8	4,03	9,21
0–25	2,96	0,32	7,8	35,58	12,25	2,25	29,2	24,5
54–83	2,89	0,20	17,4	27,45	14,38	4,88	25,8	28,75
83–110	2,26	0,20	11,4	23,28	13,63	3,25	18,0	27,26
110–120	2,32	0,20	12,2	23,64	13,50	3,50	19,0	27,04
133–142	2,03	0,23	8,67	22,35	14,0	2,88	14,3	28,0
142–160	2,23	0,20	10,0	24,15	14,25	2,88	16,7	29,02
0–8	3,21	0,3	32,1	20,7	19,8	7,4	25,9	1,5
12–20	3,21	0,3	28,6	21,3	18,6	8,4	33,0	1,3
50–60	3,52	0,3	37,3	23,1	19,9	10,9	29,7	1,6
95–100	3,91	0,3	42,6	24,2	17,6	19,2	30,2	1,8

Окончание табл. 34

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–15	2,55	0,6	19,7	22,3	17,4	0,8	24,4	34,8
40–50	2,70	0,4	17,2	21,4	17,8	0,7	20,5	35,5
65–75	2,35	0,4	15,7	21,8	16,4	0,6	20,3	33,4
90–100	2,58	0,4	17,9	23,2	15,8	0,7	25,0	31,6
141–150	0,69	0,6	2,2	7,7	3,2	0,4	6,9	6,4
0–10	0,087	0,12	0,23	0,90	0,9	0,29	0,87	7,1
10–20	0,238	0,24	0,69	3,46	0,96	0,96	2,43	7,2
30–40	1,935	0,32	1,66	18,19	3,96	3,64	12,57	7,3
50–60	0,546	0,89	1,58	6,89	0,38	1,44	7,53	8,1
60–70	0,466	0,97	1,39	5,16	0,19	0,77	6,56	8,1
80–90	0,480	1,13	1,27	4,48	0,96	0,38	5,21	8,3
110–120	0,393	0,85	0,23	1,31	0,19	0,57	1,62	7,9

Таблица 35

Анализ водной вытяжки

Почва	Глубина, см	Сух. ост., %	Общая щелоч- ность	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
			мг-экв / 100 г почвы					
1	0–8	1,85	0,64	0,20	29,19	9,35	1,08	
2	0–10	0,67	0,88	1,89	7,43	0,55	1,56	
3	0–16	2,04	0,64	12,21	17,31	4,70	2,47	
4	0–5	4,00	0,43	9,00	45,56	7,70	7,15	
5	0–2	2,83	0,80	33,82	5,41	19,60	2,55	
6	0–5	5,91	0,46	48,51	10,01	8,30	6,66	
7	0–10	16,08	5,83	4,77	213,61	Следы	Следы	
8	0–10	2,74	9,82	4,48	22,26	«	«	
9	0–5	2,65	12,08	14,84	8,80	«	«	
10	0–20	0,93	5,56	4,37	1,97	Нет	Нет	
11	0–10	1,42	0,51	1,40	19,05	4,99	2,82	
12	0–5	1,01	0,70	0,04	14,40	9,47	2,45	
13	0–12	0,45	1,19	1,65	4,08	0,17	0,15	
14	0–15	1,29	0,52	12,81	5,41	0,26	1,27	
15	0–5	9,98	0,80	18,86	122,45	6,85	10,83	
16	0–6	0,80	14,93	0,34	0,10	0,04	Нет	
17	0–2	5,16	1,50	8,42	71,74	9,41	39,24	
18	0–5	3,73	0,94	50,84	10,82	23,04	7,36	
19	0–2	0,45	0,53	1,47	5,29	3,94	1,21	
20	0–5	1,84	0,82	21,41	8,27	15,50	4,27	
21	0–10	0,70	0,90	8,22	2,03	2,45	1,01	
22	0–12	5,64	0,54	58,95	30,85	20,25	17,08	
23	0–25	2,96	0,32	7,80	35,58	12,26	2,24	

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой почвенный раствор (состав, концентрация, реакция)?
2. Каково значение почвенного раствора в плодородии почв и питании растений?
3. За счет чего и как формируются почвенные растворы?
4. Отличия в концентрации, составе и свойствах почвенных растворов по типам почв.
5. Почему почвенные растворы могут оказывать негативное влияние на сельскохозяйственные культуры?
6. Назовите методы выделения почвенных растворов.
7. Каковы основные причины образования засоленных почв?
8. Что положено в основу классификации засоленных почв?
9. Как можно регулировать концентрацию, состав и свойства почвенных растворов в земледельческой практике?
10. Как рассчитать запас солей в профиле почвы?
11. По каким показателям оценивают сумму токсичных солей и суммарный эффект токсичности?
12. Назовите методы выделения почвенных растворов и дайте их краткую характеристику.
13. Какими методами изучают почвенные растворы?
14. Лизиметрический метод изучения почвенных растворов.

13. ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Задания для самостоятельной работы

1. Определите оптимальный газовый состав почвы:
 - 1) O_2 —8, CO_2 —11 %;
 - 2) O_2 —12, CO_2 —8 %;
 - 3) O_2 —15, CO_2 —4 %;

4) O_2 –18,8, CO_2 –0,8%.

2. Определите пористость аэрации и дайте ее оценку:

1) для слоя почвы 0–20 см при общей пористости 56 %, полевой влажности 32 % и плотности сложения 1,1 г/см³;

2) для пахотного слоя 0–22 см при полевой влажности 28 %, общей пористости 52 %, плотности сложения 1,25 г/см³;

3) плотность твердой фазы – 2,5 г/см³, плотность сложения – 1,15 г/см³, влажность почвы – 25 %;

4) плотность сложения – 1,05 г/см³, ПТФ – 2,5 г/см³, влажность почвы 30 %;

5) слой почвы 0–20 см, влажность – 20 %, общая пористость – 58 %, плотность сложения – 1,2 г/см³.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое количество CO_2 содержат почвы?

2. Почему суммарное содержание O_2 + CO_2 в почвенном воздухе бывает меньше?

3. При каких минимальных значениях содержания кислорода происходят аэробные процессы?

4. Какая пористость аэрации является оптимальной для культурной почвы?

5. Почему в почвенном воздухе заболоченных почв увеличено количество CO_2 ?

6. Что такое коэффициент дыхания и когда он бывает больше единицы?

7. Какие причины оказывают влияние на поглощение почвой кислорода?

8. Какие мероприятия необходимо провести, чтобы почва имела благоприятный газовый состав?

9. Какова динамика содержания O_2 и CO_2 в почве?

10. Какими условиями определяется газообмен между атмосферным и почвенным воздухом?

11. Какое содержание кислорода в почвенном воздухе приводит к гибели растений?

12. Почему газообмен в песчаной почве выше, чем в суглинистой?

13. Почему содержание углекислого газа в почвенном воздухе выше, чем в атмосферном?

14. С чем связано уменьшение с глубиной содержания кислорода в почвенном воздухе и увеличение – углекислого газа?

15. При каком содержании CO_2 в почвенном воздухе наблюдается угнетение развития растений и микроорганизмов?

16. Особенности состава почвенного воздуха.

17. Какие факторы обуславливают газообмен в почвах?

18. Значение воздуха в почве.

14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ОСНОВНЫМИ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ (NPK)

В зависимости от степени обеспеченности почв доступными для растений соединениями этих элементов эффективное плодородие почв различно.

Усвояемость, или доступность, питательных веществ зависит от ряда факторов: от обеспеченности почвы водой и воздухом, содержания других элементов, от свойств растений, фазы их развития и т.д. Отсюда следует, что для изучения питательного режима почв необходимо на протяжении всего вегетационного периода определять содержание в ней доступных элементов питания.

На основании сопоставления данных полевых опытов и результатов химического анализа почв разработаны шкалы обеспеченности почв доступными питательными веществами.

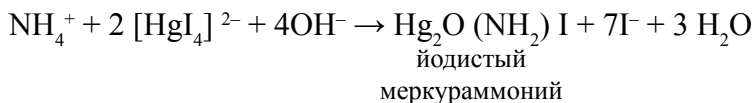
14.1. Методы определения доступных для питания растений форм азота

Азот – важнейший элемент питания растений. Он почти целиком сосредоточен в органическом веществе почвы и клетках живых организмов. Азот доступен растениям главным образом в виде аммония и нитратов. Аммонийный азот находится в почве в свободном состоянии в почвенном растворе и в обменной форме.

Ион NO_3^- находится в почвенном растворе и легко поглощается растениями, при этом он может легко вымываться за пределы почвенного профиля атмосферными осадками. Доступные для растений формы основных элементов питания извлекают из почвы различными вытяжками – водными, кислотными, солевыми. Определение содержания этих элементов проводят колориметрическим методом или методом пламенной фотометрии.

Определение аммонийного азота колориметрическим методом с реактивом Несслера

Принцип метода. Аммонийный азот извлекают из почвы 0,1 н. раствором хлористого калия. В вытяжку переходят аммоний, находящийся в почве в обменном состоянии, а также водорастворимые соединения аммония. Данный метод основан на взаимодействии катиона аммония с реактивом Несслера (щелочной раствор ртутно-йодистого калия $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$), в результате чего образуется комплексное соединение оранжевого цвета:



Определению аммония мешают катионы кальция и магния, дающие в щелочной среде осадок. Для предотвращения образования осадка перед приливанием

реактива Несслера в раствор вводят сегнетову соль, которая дает с данными катионами растворимые соединения.

Ход анализа

Навеску почвы 20 г помещают в коническую колбу емкостью 250–300 мл и приливают 100 мл 0,1 н. раствора KCl. Содержимое колбы взбалтывают в течение 30 мин. Полученную суспензию фильтруют через складчатый фильтр.

Берут пипеткой 5–15 мл фильтрата (в зависимости от предполагаемого содержания аммония) и помещают в мерную колбу емкостью 50 мл. Содержимое колбы разбавляют до половины объема дистиллированной водой, приливают 2 мл 25 %-го раствора сегнетовой соли (калий-натрий винно-кислый $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), хорошо перемешивают и добавляют 2 мл реактива Несслера. Затем объем колбы доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают.

Через 10–15 мин на фотоэлектроколориметре определяют оптическую плотность полученного раствора, при этом пользуются синим светофильтром с областью светопропускания 400–425 нм.

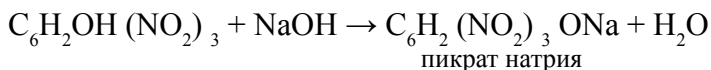
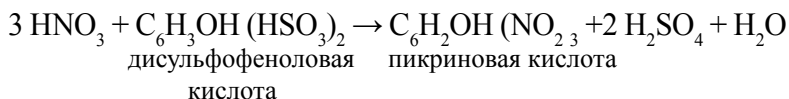
Содержание аммония в испытуемом растворе рассчитывают, используя составленный ранее калибровочный график. Затем вычисляют по формуле содержание аммония в почве.

Для того чтобы пересчитать содержание аммония в почве на аммонийный азот (N-NH_4), нужно воспользоваться коэффициентом пересчета, который равен 0,776.

Для определения запаса аммонийного азота в килограммах на 1 га необходимо учесть массу пахотного слоя почвы на 1 га, которая составляет около 3000 т.

Определение нитратного азота дисульфифеноловым методом

Принцип метода. Все соли азотной кислоты хорошо растворимы, поэтому определение нитратов можно проводить в водной вытяжке. В основе метода лежит реакция с дисульфифеноловой кислотой:



При взаимодействии нитратов с дисульфифеноловой кислотой образуется пикриновая кислота (тринитрофенол), которая в щелочной среде образует соль, окрашивающую раствор в желтый цвет.

Дисульфифеноловая кислота при определении нитратов впервые была применена Грандвалем и Ляжу в 1885 г., поэтому данный метод часто называют методом Грандваля-Ляжу.

Ход анализа

Навеску почвы 20 г помещают в коническую колбу емкостью 250–300 мл и добавляют 1,0–1,5 г гипса. Приливают 100 мл дистиллированной воды и взбалтывают в течение 5 мин. Полученную вытяжку фильтруют через складчатый фильтр. В фарфоровую чашечку помещают 25 мл фильтрата и ставят выпариваться на водяную баню.

После выпаривания снимают чашечку с сухим остатком и дают ей охладиться. Затем в чашечку приливают 1 мл дисульфифеноловой кислоты и тщательно растирают сухой остаток с кислотой стеклянной палочкой. Растирание следует проводить не только на середине чашечки,

но и по бокам ее, где осадка не видно. С этого момента стеклянная палочка остается в чашечке до конца работы.

После обработки чашечка должна постоять 10 мин, затем туда приливают 10–15 мл дистиллированной воды, смачивая всю поверхность чашечки. Содержимое чашечки нейтрализуют 20%-м раствором NaOH или KOH до появления устойчивой желтой окраски раствора и контролируют по изменению окраски красной лакмусовой бумажки на синюю.

Окрашенный раствор из чашечки переносят в мерную колбу емкостью 100 мл, обмывают чашечку вместе с палочкой 3–4 раза дистиллированной водой, прибавляя эту воду к основному раствору. Доливают содержимое колбы дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.

На фотоэлектроколориметре определяют оптическую плотность раствора, при этом пользуются синим светофильтром с областью светопропускания 400–450 нм. Расчет содержания нитратов в растворе проводят по составленному калибровочному графику. После этого вычисляют содержание нитратов в почве.

Результаты определения выражают в миллиграммах на 1 кг или на 100 г сухой почвы.

Вычисления проводят по следующим формулам.

1. При определении с помощью фотоколориметра:

$$C = \frac{a \cdot V \cdot 100}{m \cdot V_1},$$

где a – концентрация определяемого элемента в вытяжке по калибровочному графику, мг;

V – общий объем вытяжки, мл;

V_1 – объем вытяжки, взятой для определения, мл;

m – навеска почвы, г;

1000 – коэффициент пересчета на 1 кг почвы. В случае пересчета на 100 г почвы этот коэффициент равен 100.

2. При определении с помощью пламенного фотометра:

$$C = \frac{a \cdot V}{m},$$

где a – концентрация K_2O , найденная по калибровочному графику (мг/л);

V – объем вытяжки, мл;

m – навеска почвы, г.

Коэффициент пересчета нитратов в нитратный азот ($N-NO_3$) равен 0,226.

14.2. Методы определения подвижных форм фосфора и калия

Фосфор и калий в почве представлены различными формами и соединениями, которые неравнозначны по своей доступности для питания растений. Под подвижными соединениями подразумевают почвенный калий и фосфаты, которые непосредственно могут потребляться растениями, а также те формы, которые быстро переходят в почвенный раствор.

Валовое содержание фосфора в почвах невысокое – 0,1–0,2 %. В почвах фосфор представлен органическими и минеральными соединениями. Значительная часть фосфора входит в состав гумусовых веществ. Растительные остатки также богаты этим элементом. Фосфор органических соединений переходит в доступную форму после минерализации их микрофлорой.

Валовое содержание калия в почвах относительно высокое (до 2–3 %). Основная часть его входит в кристаллическую решетку первичных и вторичных минералов, поэтому малодоступна растениям. Калий, представленный простыми солями почвенного раствора, легкодоступен растениям, но главная роль в питании растений принадлежит обменному калию.

Выбор метода для определения подвижных форм фосфора и калия зависит от типа почвы. Эти методы различаются экстрагирующими растворами (растворами, с помощью которых из почвы извлекаются соединения фосфора и калия), соотношением между почвой и экстрагирующим раствором и временем экстракции.

Принцип данных методов заключается в том, что подвижный фосфор и калий переходят в вытяжку, из которой фосфор определяется фотоколориметрически, а калий – методом пламенной фотометрии. Определение фосфора основано на том, что в кислой среде фосфаты при взаимодействии с молибдатом аммония образуют фосфорно-молибденовую гетерополиоксисульфатную кислоту ($H_3 [PMo_{12}O_{40}]$), которая при восстановлении двуххлористым оловом образует комплексное соединение синего цвета.

Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова

Данный метод используется для определения подвижных форм фосфора и калия в кислых почвах: подзолистых, дерново-подзолистых. Извлечение подвижных форм фосфора и калия проводится 0,2 н. раствором соляной кислоты при соотношении почвы к раствору 1: 5 для минеральных горизонтов почв и 1: 50 для торфяных горизонтов.

Ход анализа

Навеску почвы 10 г помещают в коническую колбу и приливают 50 мл 0,2 н. раствора HCl. Содержимое колбы взбалтывают в течение 1 мин, отстаивают 15 мин, снова взбалтывают и фильтруют содержимое через складчатый фильтр.

Определение подвижного фосфора. В мерную колбу на 100 мл помещают 5 мл фильтрата, приливают 4 мл

2,5%-го раствора молибдата аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ в серной кислоте и перемешивают. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой и добавляют 6 капель раствора двуххлористого олова SnCl_2 . Появляется синяя окраска, максимальная интенсивность которой проявляется через 10 мин. Затем проводят колориметрирование раствора, используя красный светофильтр с областью светопропускания 600–750 нм. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию фосфора в исследуемом растворе и рассчитывают содержание фосфора в почве.

Определение подвижного калия. Определение калия проводят из того же фильтрата на пламенном фотометре, используя светофильтр с максимумом пропускания света в области 766–770 нм. Содержание калия определяют с помощью калибровочного графика.

Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Чирикова

Метод используется для определения подвижных форм фосфора и калия в серых лесных почвах и черноземах (кроме карбонатных горизонтов). Извлечение подвижных форм фосфора и калия проводится 0,5 н. раствором уксусной кислоты при соотношении почвы к раствору 1: 25.

Ход анализа

Навеску почвы 4 г помещают в коническую колбу и приливают 100 мл 0,5 н. раствора CH_3COOH , взбалтывают в течение 1 ч и оставляют на 18–20 ч. После этого вытяжку взбалтывают и фильтруют, отбрасывая первые порции фильтрата. Полученный фильтрат должен быть совершенно прозрачным.

Определение фосфора. В мерную колбу на 100 мл помещают 10 мл фильтрата, приливают 4 мл 2,5%-го раствора молибдата аммония в серной кислоте и перемешивают. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой и добавляют 6 капель раствора двухлористого олова SnCl_2 . Появляется синяя окраска. Через 10 мин раствор колориметрируют, используя красный светофильтр с областью светопропускания 600–750 нм. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию фосфора в исследуемом растворе и рассчитывают содержание фосфора в почве.

Определение калия. Определение калия проводят на пламенном фотометре. Содержание калия определяют с помощью калибровочного графика.

Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина

Данный метод используется для определения подвижных форм фосфора и калия в карбонатных почвах: карбонатных черноземах, каштановых почвах, сероземах, буроземах и др. Извлечение подвижных форм фосфора и калия проводится 1%-м раствором карбоната аммония при соотношении почвы к раствору 1: 20.

Ход анализа

Навеску почвы 5 г помещают в коническую колбу и приливают 100 мл 1%-го раствора $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Содержимое колбы взбалтывают в течение 5 мин и оставляют на 18–20 ч. Затем снова взбалтывают и фильтруют.

Определение подвижного фосфора. В мерную колбу на 100 мл помещают 30 мл фильтрата, приливают 4 мл 2,5%-го раствора молибдата аммония и перемешивают. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой и добавляют 6 капель раствора двухлористого оло-

ва SnCl_2 . Через 10 мин после появления синей окраски определяют оптическую плотность раствора на фотоколориметре. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию фосфора в исследуемом растворе и рассчитывают содержание фосфора в почве.

Результаты определения выражают в миллиграммах на 1 кг или на 100 г сухой почвы.

Вычисления проводят по следующим формулам.

3. При определении с помощью фотоколориметра:

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

где a – концентрация определяемого элемента в вытяжке по калибровочному графику, мг;

V – общий объем вытяжки, мл;

V_1 – объем вытяжки, взятой для определения, мл;

m – навеска почвы, г;

1000 – коэффициент пересчета на 1 кг почвы. В случае пересчета на 100 г почвы этот коэффициент равен 100.

4. При определении с помощью пламенного фотометра:

$$C = \frac{a \cdot V}{m},$$

где a – концентрация K_2O , найденная по калибровочному графику (мг/л);

V – объем вытяжки, мл;

m – навеска почвы, г.

Определение подвижного калия. Калий определяют из полученной вытяжки на пламенном фотометре (определение подвижного калия на пламенном фотометре проводят по инструкции, прилагаемой к прибору).

Полученные результаты по содержанию в почве подвижных форм фосфора и калия оценивают по табл. 36 и делают выводы об обеспеченности сельскохозяйственных растений данными элементами.

**Группировка почв по обеспеченности подвижными
формами фосфора и калия, мг/кг**

Обеспеченность растений	Метод анализа		
	по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
P_2O_5			
Очень низкая	<25	<20	<10
Низкая	26–50	21–50	11–15
Средняя	51–100	51–100	16–30
Повышенная	101–150	101–150	31–45
Высокая	151–250	151–200	46–60
Очень высокая	>250	>200	>60
K_2O			
Очень низкая	<40	<20	<100
Низкая	41–80	21–40	101–200
Средняя	81–120	41–80	201–300
Повышенная	121–170	81–120	301–400
Высокая	171–250	121–180	401–600
Очень высокая	>250	>180	>600

Вопросы для самоконтроля

1. В каких формах азот находится в почвах?
2. Какие формы азотных соединений легко усваиваются растениями?
3. Какими методами определяют доступные для растений формы азота?
4. Основные формы соединения фосфора в почвах и их доступность растениям.
5. Назовите и дайте краткую характеристику методам определения подвижных фосфатов и калия в почвах.
6. Назовите группы почв по обеспеченности подвижными формами фосфора при различных методах его определения.
7. Назовите группы почв по обеспеченности подвижными формами калия при различных методах его определения.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Агрегат почвенный – естественная сложная почвенная отдельность, образовавшаяся из микроагрегатов или элементарных почвенных частиц в результате их слипания и склеивания под влиянием физических, химических, физико-химических и биологических процессов.

Агролесомелиорация – система лесохозяйственных мероприятий, направленных на улучшение почвенно-гидрологических и климатических условий местности, делающих ее более благоприятной для ведения сельского хозяйства.

Анализ агрегатный почвы – определение содержания в почве различных по величине агрегатов, выражаемого в процентах от массы сухой почвы.

Анализ почвы – совокупность методов исследования состава и свойств почвы.

Анаэробноз – жизнь в отсутствие свободного кислорода.

Аэрация почвы – поступление воздуха, особенно кислорода, из атмосферы.

Баланс водный почвы – совокупность всех видов поступления влаги в почву и ее расхода из почвы в их количественном выражении за определенный промежуток времени и для определенного слоя почвы.

Буферность почвы – способность жидкой и твердой фаз почвы противостоять изменению реакции среды (pH) при прибавлении сильной кислоты или щелочи.

Вещества гумусовые специфические – органические вещества, входящие в состав гумуса: гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин.

Вещества зольные – элементы питания растений, которые остаются в золе после сжигания органической части растения.

Вещество органическое почв – совокупность всех органических веществ, входящих в состав твердой, жидкой и газовой фаз почвы.

Влага гигроскопическая – влага, поглощенная твердой фазой почвы из воздуха с относительной влажностью не выше 98 %.

Влага гравитационная – вода свободная, передвигающаяся или способная к передвижению в почве или грунте под влиянием силы тяжести.

Влага доступная (для растений) – часть почвенной влаги, которая может быть поглощена растениями как в процессе их нормальной жизнедеятельности, так и в процессе их увядания.

Влага капиллярная – свободная почвенная влага, удерживаемая в почве или передвигающаяся в ней под влиянием капиллярных сил.

Влага капиллярная подпертая – вода гравитационная, содержащаяся в слое почвы или грунта, непосредственно над зеркалом свободной воды, и гидравлически с ним связанная.

Влага кристаллизационная – вода, входящая в состав кристаллических веществ в виде самостоятельных молекул.

Влага, недоступная для растений – часть почвенной влаги, которая не может быть поглощена растениями, в том числе и в процессе их увядания.

Влага непродуктивная – часть почвенной влаги, которая не может быть использована растениями для поддержания физиологических процессов, направленных на создание органического вещества.

Влага продуктивная – часть почвенной влаги, при поглощении которой растения не только поддерживают свою жизнедеятельность, но и синтезируют органическое вещество.

- Влагоёмкость почвы** – величина, количественно характеризующая способность почвы водоудерживающую.
- Влагоёмкость почвы общая** – количество влаги, которое может длительно удерживаться почвой при подаче воды сверху, когда грунтовая вода стоит глубоко, и при подаче воды снизу, когда уровень грунтовых вод высок.
- Влагоёмкость почвы полная** – содержание влаги в почве при условии полного заполнения всех пор водой.
- Влагообеспеченность растений** – отношение имеющегося в почве запаса продуктивной влаги к запасу ее при наименьшей влагоёмкости, что соответствует диапазону активной влаги.
- Влажность почвы** – безразмерная величина, характеризующая содержание в почве влаги.
- Водообеспеченность** – степень удовлетворения фактической потребности в воде орошаемой территории.
- Водоприемник** – одна из важнейших частей осушительной системы с постоянным или периодическим стоком, в который поступает вода из канала магистрального осушительного.
- Водопроницаемость почвы** – свойство почвы как пористого тела пропускать через себя воду.
- Водопрочность агрегатов** – способность агрегатов почвы противостоять разрушающему действию воды.
- Воды оросительные** – воды, подаваемые по ирригационной сети для полива сельскохозяйственных культур.
- Впитывание** – начальная стадия инфильтрации. Поступление влаги в почву с поверхности под влиянием градиентов сорбционных и капиллярных сил и напора гидравлического.
- Вынос солей** – перемещение солей вместе с поливными или промывными водами, а также с водами атмос-

ферных осадков из верхних горизонтов в нижележащие горизонты и грунтовые воды, а также к искусственным или естественным дренам.

Вытяжка водная – фильтрат водного раствора, полученного после взбалтывания почвы с дистиллированной водой.

Выщелачивание почвы – вымывание из почвы различных растворимых веществ в процессе выветривания и почвообразования нисходящим или боковым током почвенного раствора.

Гигроскопичность почвы – способность почвы, в силу присущей ей поверхностной энергии, сорбировать на поверхности своих частиц пары воды, содержащиеся в воздухе.

Гидротермический режим почвы – совокупность всех явлений поступления, расхода и переноса тепла и влаги в почве.

Гигроскопичность почвы максимальная – наибольшее количество парообразной влаги, которое почва может поглотить из воздуха. Выражается в процентах от массы сухой почвы.

Гипсование – химическая мелиорация солонцов путем внесения в них гипса с целью замены поглощенного натрия на кальций.

Глина физическая – совокупность частиц почвенных элементарных с диаметром менее 0, 01 мм.

Гумусообразование – процесс превращения исходных материалов растительного и животного происхождения, сопровождающийся образованием новых, специфической природы гумусовых веществ.

Глубина грунтовых вод критическая – расстояние от поверхности почвы до уровня грунтовой воды, при уменьшении которого расход воды на испарение вы-

зывает засоление корнеобитаемого слоя почвы выше предела токсичности за 1–2 сезона на орошаемых землях или за продолжительный период на целине.

Глыба – почвенный комок или агрегат крупнее 10 мм.

Горизонт водоупорный – слой грунта или почвы, обладающий очень низкой водопроницаемостью или полнотью водонепроницаемый.

Гумус – совокупность специфических и неспецифических органических веществ почв (за исключением живых организмов и их остатков, не утративших тканевое строение).

Деградация почв – постепенное ухудшение свойств почв (уменьшение содержания гумуса, разрушение структуры, снижение плодородия), вызванное изменением условий почвообразования главным образом под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Дезагрегация – разрушение почвенных агрегатов под влиянием механических воздействий, длительного переувлажнения, набухания почвенных коллоидов, обеднения гумусом, вхождения в почвенный поглощающий комплекс обменного натрия и под действием других причин.

Декальцирование – удаление из почвы поглощенного кальция и магния и их углесолей перед выделением органических веществ щелочной вытяжки.

Дефицит влаги в почве – разность между фактическим содержанием влаги в почве и тем ее содержанием, которое соответствует наименьшей влагоемкости.

Дрены – открытые или закрытые водостоки, сооружаемые для понижения уровня и отвода грунтовых вод с орошаемого или осушаемого массива.

Ёмкость обмена катионов – общее количество катионов, удерживаемых почвой и способных к замещению на катионы другого рода.

Ёмкость поглощения – количество молекул или ионов, которое способна удержать почва.

Заиживание почвы – вымывание в поры и трещины почвы мелких частиц и их накопление там, понижающее водопроницаемость почвы.

Запас влаги в почве – абсолютное количество влаги, содержащееся в определенном слое почвы.

Засоление почвы – процесс накопления растворимых солей в почве, приводящий к образованию солончаковых и солончаковых почв.

Землевание – метод мелиорации солонцов, заключающийся в нанесении на их поверхность слоя почвы, взятой из гумусового горизонта чернозема или других плодородных почв.

Зольность – содержание золы в сухом органическом материале.

Известкование – способ химической мелиорации кислых почв.

Ил – совокупность частиц почвенных элементарных с диаметром менее 0,001 мм.

Инфильтрация – процесс поступления воды с поверхности в толщу почвы или грунта.

Истощение почвы – обеднение почвы питательными веществами в результате длительного выращивания сельскохозяйственных культур без внесения удобрений или при недостаточном их внесении.

Испарение суммарное – количество влаги, переходящей в атмосферу в виде пара в результате транспирации растений и физического испарения из почвы и с поверхности растений.

Ирригация – искусственное орошение, технологический прием в сельском хозяйстве для улучшения водного режима растений, означающий использование дополнительной воды в нужные сроки.

Кайма капиллярная – слой почвы или грунта, расположенный непосредственно над водоносным горизонтом, содержащий влагу капиллярную подпертую, гидравлически связанную с влагой водоносного горизонта.

Конденсация влаги – переход влаги из парообразного состояния в жидкое.

Контур почвенно-эрозионный – выделенный на почвенно-эрозионной карте ареал почвы с одинаковой степенью эродированности.

Корка почвенная – поверхностный твердый слой почвы, образующийся в результате заплывания почвы под влиянием дождей или поливов и последующего высыхания.

Коэффициент структурности – отношение количества агрегатов агрономически ценных (1–10 мм) к количеству пылеватых частиц и глыбистых агрегатов.

Культурно-поливные почвы – почвы различных типов, измененные орошением.

Лессиваж – процесс перемещения в профиле почвы илистой фракции без ее химического разрушения.

Лёсс – рыхлая, пылеватая суглинистая карбонатная порода палевого или серо-желтого цвета.

Лизиметр – прибор или стационарное сооружение для учета и сбора влаги (почвенного раствора), профильтровавшейся через почву.

Мелиорация почв – коренное улучшение свойств почв и условий почвообразования с целью повышения плодородия почв.

Метод анализа полярографический – электрохимический метод, основанный на возникновении диффузионных предельных токов при поляризации электрода.

Метод анализа спектральный атомный – физический метод установления элементного состава вещества по оптическим атомным спектрам испускания или поглощения.

Метод меченых атомов – один из методов почвенных и агрохимических исследований; основан на использовании радиоактивных и стабильных изотопов в качестве метки какого-либо элемента, что позволяет проследить за движением и превращением этого элемента в почве и растениях.

Методы фотометрические – методы количественного анализа, основанные на переведении определяемого вещества или элемента в окрашенное соединение и измерении оптической плотности полученного раствора тем или иным способом.

Методы химические – методы, в основу которых положены явления взаимодействия анализируемых веществ, соединений, ионов с тем или иным реагентом.

Норма оросительная – количество воды, подаваемой на орошение сельскохозяйственных культур за вегетационный период.

Норма поливная – количество воды, подаваемое на поле за один полив.

Норма промывная – количество воды, которое должно быть подано на поле для удаления из почвы вредного для культурных растений избытка воднорастворимых солей.

Образец почвенный – некоторое количество почвы, взятое из того или иного ее горизонта или слоя.

Опреснение – процесс освобождения засоленных почв и грунтовых вод от легкорастворимых солей.

Осушение – комплекс гидротехнических и других мероприятий по удалению излишнего количества воды

из почвы и с ее поверхности с целью улучшения аэрации почвы и регулирования почвенных процессов для повышения плодородия почвы.

Остаток плотный – суммарное содержание минеральных и органических веществ в воде или в водной вытяжке из почвы.

Пескование почв – способ улучшения водно-физических свойств почвы и облегчения ее гранулометрического состава, заключающийся в обогащении верхнего слоя почвы песком.

Песок физический – частицы почвенные элементарные размером 0,01–1,00 мм.

Плодородие почвы – совокупность свойств почвы, обеспечивающая урожай сельскохозяйственных культур.

Полосы полезащитные лесные – лесные насаждения в виде полос, создаваемые по границам полей с целью их защиты от суховеев, водной и ветровой эрозии почв и предотвращения ветрового сноса снега.

Пористость агрегата – часть пор в отдельном агрегате почвы, выраженная в процентах от объема агрегата.

Пористость аэрации – часть порового пространства почвы, занятая воздухом. Выражается в процентах от объема почвы.

Пористость почвы – суммарный объем всех пор, выраженный в процентах от общего объема почвы.

Потери оросительных вод – фильтрация воды в дно и откосы каналов, испарение с водной поверхности, утечка в пазах сооружений и другие виды непроизводительного расхода влаги при эксплуатации оросительных систем, а также на орошаемых полях.

Почва – самостоятельное естественно-историческое органоминеральное тело природы, возникшее в результате воздействия живых и мертвых организмов

и природных вод на поверхностные горизонты горных пород в различных условиях климата и рельефа в гравитационном поле Земли.

Почва воздушно-сухая – почва высушенная при комнатной температуре и содержащая влагу гигроскопическую, находящуюся в равновесии с водяным паром в окружающем воздухе.

Почва сухая – почва, высушенная до постоянной массы при температуре 105⁰С.

Почвоведение – самостоятельная естественно-историческая наука, предметом изучения которой является почва, ее происхождение, развитие, строение, состав и свойства, закономерности распространения на поверхности суши, формирование и развития плодородия и способы наиболее рационального его использования и повышения.

Почвоутомление – явление, наблюдаемое при монокультуре растений и выражающееся в уменьшении урожайности, несмотря на внесение полного удобрения и сохранение хороших физических свойств.

Прикопка почвенная – почвенный разрез небольшой глубины, вскрывающий только верхние горизонты почвенного профиля.

Просадка – явление опускания участков дневной поверхности вследствие уменьшения объема почвенно-грунтовой массы, вызванного выщелачиванием растворимых солей, таянием ледяных линз или переупаковкой минеральных частиц под влиянием смачивания.

Профиль почвы – совокупность генетически сопряженных и закономерно сменяющихся горизонтов почвы, на которые расчленяется материнская горная порода в процессе почвообразования.

Режим солевой почвы – изменение в межполивном, годовом или многолетнем цикле содержания солей и их качественного состава в почве.

Режим питательный почвы – изменение содержания в почве доступных для растений питательных веществ в течение вегетационного периода, зависящее от валовых запасов питательных веществ, условий их мобилизации в почве и от внесения удобрений.

Свойства водные почвы – совокупность свойств почвы, определяющих поведение почвенной влаги.

Свойства воздушные почвы – свойства почвы, определяющие поведение почвенного воздуха.

Свойства тепловые почвы – совокупность свойств, определяющих процессы поглощения, передачи и отдачи тепла почвой.

Свойства физико-механические почвы – совокупность свойств почвы, определяющих ее отношение к внешним и внутренним механическим воздействиям: твердость, пластичность, вязкость, липкость, текучесть, усадка, сопротивление разрыву, сжатию, кручению, трению почвы о металл и другие материалы, удельное сопротивление почвы при обработке, сопротивление почвы движению машин и орудий.

Свойства физические – совокупность свойств, характеризующих физическое состояние почвы (гранулометрический и агрегатный состав, структурное состояние, плотность твердой фазы, плотность, пористость, воздушные, водные, тепловые, электрические и радиоактивные свойства).

Соленаккумуляция – процесс постепенного увеличения содержания солей в почвах, грунтах и грунтовых водах определенной территории в результате поступления этих солей с площади солесборной, из глубинных

минерализованных вод, в результате выветривания горных, особенно соленосных пород, солевой импัลверизации.

Состав почвы валовой химический – содержание в почве Si, Al, Fe, Ti, Mn, Ca, Mg, K, Na, P, S и микро-элементов (или их оксидов), выраженное в процентах от массы сухой почвы.

Способность почвы поглотительная – свойство почвы поглощать и удерживать различные твердые, жидкие и газообразные вещества.

Структура почвы – форма и размер структурных отдельных частей, на которые естественно распадается почва.

Структура почвы агрономически ценная – водопро-чные агрегаты с пористостью не ниже 40%, размером от 0,25 до 10 мм, благоприятные для микробиологи-ческой деятельности.

Структурообразователи – искусственные химические препараты, применяющиеся для оструктурирования почвы: угольный клей, торфяной клей, вискоза, кри-лиумы (производные кислот акриловой, метакрило-вой, малеиновой, способные к полимеризации) и др.

Сумма обменных катионов – общее количество катио-нов, которое может быть вытеснено из незасоленной и бескарбонатной почвы нейтральным солевым рас-твором. Выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы.

Твердость почвы – свойство почвы сопротивляться сжа-тию и расклиниванию.

Теплоемкость – свойство почвы поглощать тепло.

Теплопроводность почвы – способность почвы прово-дить тепло путем теплового взаимодействия сопри-касающихся между собой твердых, жидких и газо-образных частиц, а также путем испарения, перегонки и конденсации влаги внутри почвы.

Усадка почвы – сжатие почвы или грунта при изменении влажности и действии других факторов.

Фаза – совокупность однородных по составу материальных комплексов, входящих в состав системы и имеющих границу раздела с другими фазами системы.

Факторы почвообразования – элементы природной среды, под влиянием которых образуются почвы.

Физика почвы – раздел почвоведения, изучающий свойства физические почвы и все физические процессы (механические, тепловые, гидрологические, электрические и др.), протекающие в почве.

Фульвокислоты – специфические органические кислоты почвенного гумуса, растворимые в воде и в минеральных кислотах.

Химия почв – раздел почвоведения, предметом изучения которого является состав, структура соединений, химические свойства минеральной и органической части почвы, их взаимодействие и изменения при почвообразовании.

Частицы почвенные элементарные – обломки пород и минералов, песчаные, пылеватые, илистые или коллоидные частицы почвы, все элементы которых находятся в химической связи и не поддаются общепринятым методам пептизации, принимаемым при подготовке почвы к гранулометрическому анализу.

Шлюзование осушительных систем – сооружение шлюза на каналах осушительных систем с целью регулирования влажности осушенных торфяных болот путем подпора воды в осушительных каналах для улучшения водообеспеченности растений.

Щелочность бикарбонатная – содержание в водной вытяжке бикарбонатного иона (HCO_3^-).

Щелочность карбонатная – содержание в водной вытяжке карбонатного иона (CO_3^{2-}).

Щелочность общая – суммарное содержание в водной вытяжке ионов CO_3^{2-} и HCO_3^-

Экспресс-методы – быстрые полевые методы анализа почв, растений, позволяющие получить экспресс-информацию о химическом составе анализируемых объектов.

Эрозия почв – процессы разрушения верхних наиболее плодородных горизонтов почвы и подстилающих пород талыми и дождевыми водами или ветром.

Эрозия речная – размыв русла и подмывание берегов реки. Вызывается деятельностью речных вод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Агрохимические* методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. *Александрова Л. Н.* Органическое вещество почв и процесс его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 287 с.
3. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. *Биосфера:* загрязнение, деградация, охрана. Краткий толковый словарь. / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, Н. И. Суханова, С. Я. Трофимов. – М.: Высш. шк., 2003. – 125 с.
5. *Бурлакова Л. М.* Сборник задач по курсу почвоведение / Л. М. Бурлакова. – Барнаул, 1979. – 48 с.
6. *Вадюнина А. Ф.* Методы исследования физических свойств почв / Л. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1984. – 416 с.
7. *Воробьева Л. Н.* Химический анализ почв / Л. Н. Воробьева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
8. *Докучаев В. В.* Избранные сочинения / В. В. Докучаев. – М., 1954. – С. 330.
9. *Донских И. Н.* Методические указания для самостоятельной работы / И. Н. Донских. – Л., 1988. – 165 с.
10. *Общее* почвоведение / В. Г. Мамонтов, Н. П. Панов, И. С. Кауричев., – М.: КолоС, 2006. – 456 с.
11. *Орлов Д. С.* Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 376 с.
12. *Почвоведение* / под ред. И. С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989. – 720 с.
13. *Почвоведение:* Практикум: учеб. пособие / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов. – М.: Инфра-М, 2014. – 256 с.

14. *Практикум по почвоведению* / под ред. И. С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
15. *Практикум по агрохимии* / под ред. акад. РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 687 с.
16. *Почвоведение: учеб.-метод. пособие для лабораторных и самостоятельных работ* / Новосиб. гос. аграр. ун-т; М. С. Сиухина. – Новосибирск, 2009. – 110 с.
17. *Почвоведение: метод. указания к выполнению лабораторных работ* / М. С. Сиухина. – Новосибирск, 1986. 40с.; 1996. – 32 с.; 1999. – 30 с.
18. *Почвоведение: метод. разработка для самостоятельной работы* / М. С. Сиухина. – Новосибирск, 1992. – 32 с.
19. *Почвоведение: метод. пособие для самостоятельной работы* / М. С. Сиухина. – Новосибирск, 2002. – 31 с.
20. *Роде А. А. Система методов исследования в почвоведении.* – Новосибирск: Наука, 1971. – 92 с.
21. *Толковый словарь по почвоведению* / под. ред. А. А. Роде. – М.: Наука, 1975. – 286 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	7
Вопросы для самоконтроля.....	15
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ.....	16
2.1. Правила отбора образцов	16
2.2. Подготовка почвы к анализу	18
3. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ	19
3.1. Определение полной влагоемкости.....	22
3.2. Определение капиллярной влагоемкости в лабора- торных условиях	24
4. ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ	25
4.1. Определение полевой влажности почвы весовым методом	26
4.2. Определение гигроскопической влажности	28
4.3. Определение максимальной гигроскопической влажности по методу А. В. Николаева	29
Задания для самостоятельной работы.....	32
Вопросы для самоконтроля.....	39
5. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЛИВНЫХ ВОД И ОЦЕНКА ИХ КАЧЕСТВА.....	40
6. СТРУКТУРА ПОЧВЫ	50
6.1. Агрегатный анализ почв по методу Н. И. Саввинова ...	51
6.2. Определение водопрочности почвенных агрегатов....	53
6.3. Определение прочности агрегатов в спокойной воде (методом Н. Н. Никольского)	55
Задания для самостоятельной работы.....	56
Вопросы для самоконтроля.....	58
7. ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ.....	60
7.1. Определение плотности твердой фазы почвы	60

7.2. Определение плотности почвы.....	62
7.3. Вычисление пористости (скважности) почвы	65
Задания для самостоятельной работы.....	67
Вопросы для самоконтроля.....	68
8. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ	70
8.1. Полевые методы определения гранулометрического состава почв.....	72
8.2. Механический анализ.....	74
Задания для самостоятельной работы.....	78
Вопросы для самоконтроля.....	82
9. ГУМУС ПОЧВЫ.....	83
9.1. Определение гумуса методом И. В. Тюрина в моди- фикации В. Н. Симакова	86
9.2. Определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО.....	90
Задания для самостоятельной работы.....	93
Вопросы для самоконтроля.....	98
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ КАЛЬ- ЦИЯ И МАГНИЯ КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКИМ (ТРИЛОНОМЕТРИЧЕСКИМ) МЕТОДОМ	99
Задания для самостоятельной работы.....	106
Вопросы для самоконтроля.....	107
11. КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ.....	108
11.1. Определение pH потенциометрическим методом	111
11.2. Определение гидролитической кислотности мето- дом Каппена.....	112
11.3. Определение обменного катиона натрия в почве методом Шолленбергера	115
Задания для самостоятельной работы.....	119
Вопросы для самоконтроля.....	122
12. ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР. АНАЛИЗ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ	124
Задания для самостоятельной работы.....	139

Вопросы для самоконтроля.....	142
13. ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ.....	142
Задания для самостоятельной работы.....	142
14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ОСНОВ- НЫМИ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ (NPK).....	144
14.1. Методы определения доступных для питания растений форм азота.....	145
14.2. Методы определения подвижных форм фосфора и калия.....	149
Вопросы для самоконтроля.....	154
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	155
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	169

Авторы-составители
Сиухина Мария Сидоровна
Быкова Светлана Леонидовна

**МЕТОДЫ
ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. К. Коробкова*
Компьютерная верстка *В. Н. Зенина*

Подписано в печать 21 марта 2016 г. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.

Объем 8,2 уч.-изд. л., 10,9 усл. печ. л. Тираж 100 экз.

Изд. № 1. Заказ № 1555.

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru