

ФИЗИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ



Москва — 2002

Министерство образования
Российской Федерации
Российская Академия сельскохозяйственных наук
Почвенный институт им. В.В. Докучаева
Московский государственный университет леса

ФИЗИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей 2604 00 и 2605 00



Издательство Московского государственного университета леса
Москва – 2002

УДК621.1

6Л2 Физические и водно-физические свойства почв: Учебно-методическое пособие для студентов специальностей 2604.00 и 2605 00 - М.: МГУЛ, 2002 - 73 с.

В учебно-методическом пособии изложены наиболее распространенные методы исследования основных физических и водно-физических свойств почв в поле и лаборатории. В каждом разделе пособия дается краткая теоретическая часть, описание метода определения и оценка полученных результатов.

Пособие составлено для студентов и аспирантов Московского государственного университета леса, а также может быть полезным для студентов и аспирантов педагогических и сельскохозяйственных вузов и специалистов, изучающих физические свойства почв.

Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. для направления подготовки 656200 на основе примерной программы дисциплины «Почвоведение» для специальностей 2604 00 и 2605 00 «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство» 2002 год

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебно-методического пособия редакционно-издательским советом университета.

Рецензенты: профессор В. Н. Винокуров, зав. кафедрой
механизации л/х работ;
профессор И.И. Дроздов, зав. кафедрой
лесных культур.

Кафедра почвоведения

Авторы: Вячеслав Александрович Рожков, профессор;
Афанасий Григорьевич Бондарев, доктор с/х наук,
Инна Васильевна Кузнецова, ведущий научный сотрудник;
Хушназар Рахматуллоевич Рахматуллоев, доцент.

© Рожков В.А., Бондарев А.Г., Кузнецова И.В., Рахматуллоев Х.Р., 2002
© Московский государственный университет леса, 2002

Введение

Физические свойства и физические процессы являются одним из важнейших факторов создания условий почвенного плодородия.

Высокопроизводительное использование земельных ресурсов, разработка новых приемов и технологий обработки почв, прогноз изменения свойств в системах земледелия, проведение осушительных, оросительных и химических мелиораций и лесохозяйственных работ возможны только при учете особенностей физических свойств и режимов почв. Физические условия плодородия целинных почв определяются их генезисом. В почвах, находящихся под сельскохозяйственным использованием, антропогенные факторы, включающие механическую обработку, химизацию, мелиорацию, оказывают на физические свойства, как и на другие свойства почв, и позитивное, и негативное воздействие, изменяя свойства, обусловленные генезисом почв.

В последние десятилетия в связи с резкой интенсификацией земледелия, увеличением антропогенных нагрузок на почву (в основном механического воздействия) все острее встает проблема деградации физических свойств почв, а в связи с этим проблема сохранения и восстановления физических условий плодородия.

Не менее важное значение имеет изучение агрофизических свойств почв при характеристике условий произрастания других растительных сообществ – в лесном хозяйстве, при использовании сенокосных и пастбищных угодий. Агрофизическая характеристика почв и в этом случае необходима как научная основа для разработки мероприятий, повышающих производительность этих угодий.

Цель настоящего учебно-методического пособия представить лишь наиболее распространенные методы изучения основных физических и водно-физических свойств почв в поле и в лаборатории.

В пособии дается определение понятий физических и водно-физических свойств почв, приводится описание основных методов изучения этих свойств и количественная оценка полученных результатов.

Пособие предназначено для студентов и аспирантов очного и заочного обучения Московского государственного университета леса.

1. Выбор участка для проведения исследований физических свойств почв и взятие образцов для анализа

Для изучения физических свойств в полевых условиях применяется метод «ключей». По почвенной карте выделяются основные почвенные разности и их варианты: по гранулометрическому составу, эродированности, солонцеватости. На типичных для данного района почве и рельефе выделяют опытную площадку – «ключ» размерам 10×10 , 50×50 м² и т. д. и

закладывают на ней разрез, глубина которого определяются целью исследования и может варьировать от 100 до 200 см и глубже.

На сопутствующих почвенных разностях разрезы делаются неглубокими (до 50 - 100 см). В них, как правило, определяются не все физические свойства.

Для агрономической оценки почв иногда достаточно изучения свойств пахотного и подпахотных горизонтов (до глубины – 40 – 50 см).

В опорных разрезах исследования физических свойств почв проводятся по генетическим горизонтам до глубины залегания грунтовой воды или верховодки. При глубоком их залегании следует охарактеризовать материнскую или подстилающую породы, свойства которых необходимо учитывать при решении мелиоративных задач.

Разрез ориентируется с юга на север. Передняя стенка должна быть шириной 1 м. Её рекомендуется делать обращенной на солнце для того, чтобы она при описании и фотографировании разреза была достаточна освещена. Площадь дна должна быть не менее 80х60 см, так оно используется в качестве площадки для определения физических свойств.

Площадь вокруг головной части разреза – не менее одного метра от передней и боковых стенок - охраняется от затопывания, засыпок выбросами из глубинных горизонтов разреза.

Пахотной слой и гумусовые горизонты складываются в одну сторону. Нижние иллювиальные горизонты выбрасываются на другую сторону разреза.

В задней части разреза оставляют ступени для спуска. В дальнейшем они могут быть использованы как «рабочие» площадки. В связи с этим их нужно оставлять на 5 - 7 см выше намеченной глубины «рабочей» площадки.

Когда разрез выкопан на необходимую глубину, надо, прежде всего, взять образцы со дна или нижней части разреза. Затем необходимо отпрепарировать ножом переднюю и боковые стенки разреза, сделать подробное описание разреза и взять образцы для лабораторных исследований. Образцы берутся из средней части горизонта, не захватывая самую верхнюю или нижнюю часть другого. Толщина образца не более 10 см, а при малой мощности его – 5 см. Примерный вес образца для изучения физических свойств из пахотного слоя 1,5 - 2 кг, и 1,0 – 1,5 кг из нижних горизонтов. Каждый образец тщательно упаковывается в оберточную бумагу с вложением этикеток. На этикетке указываются: пункт, номер разреза, горизонт, глубина взятия образца, дата, фамилия исследователя.

Эта же надпись повторяется на внешней стороне пакета. Взятые образцы необходимо просушить – это можно сделать около разреза, разложив их открытыми; при пасмурной погоде – в лаборатории.

2. Гранулометрический состав почвы

Гранулометрический (син.: механический) *состав почвы* (грунта) - содержание в почве элементарных почвенных частиц различного размера, объединяемых во фракции гранулометрических элементов.

Гранулометрический состав является одним из главнейших показателей при характеристике почв и грунтов. Гранулометрический состав определяет многие стороны процесса почвообразования и хозяйственного использования почв. От него в значительной мере зависят физические свойства (пористость, плотность, водопроницаемость, влагоемкость, воздухопроницаемость, скорость и высота капиллярного подъема, количество недоступной растениям влаги) и физико-механические свойства почвы (липкость, твердость или сопротивление расклиниванию), определяющие степень трудности механической обработки почвы, а так же химические и физико-химические свойства почв. Знание гранулометрического состава почв необходимо при решении вопросов их наиболее производительного использования и обработки, расчете норм внесения удобрений, при проведении мелиоративных мероприятий (осушении и орошении), при строительных работах, в дорожном строительстве.

Гранулометрический (син.: механический) *анализ почвы* (грунта) - система приемов, позволяющая достигнуть максимального разделения почвенных агрегатов на элементарные почвенные частицы и определить содержание в почве групп (фракций) этих частиц. Гранулометрический анализ является одним из самых распространенных анализов в почвоведении и грунтоведении.

Элементарные почвенные частицы (ЭПЧ) - это обломки пород и минералов, а так же аморфные соединения, все элементы которых находятся в химической взаимосвязи. В минеральных почвах более 90 % ЭПЧ представлены компонентами неорганической природы. Остальная часть ЭПЧ приходится на органическое вещество и органо-минеральные соединения.

Для удобства классификации почв по гранулометрическому составу ЭПЧ объединяют в определенные группы, называемые фракциями ЭПЧ.

В России в почвенных исследованиях принята классификация ЭПЧ, составленная А.А. Фадеевым (1889), экспериментально уточненная В.Р. Вильямсом (1893), А.Н. Сабаниным (1903) и Н.А. Качинским (1958).

По классификации Н.А. Качинского частицы больше 3 мм в диаметре составляют каменистую часть почвы, частицы 3 - 1 мм - гравий, частицы менее 1 мм в диаметре называют мелкоземом. Частицы 1,0 - 0,5 мм - крупный песок, 0,5 - 0,25 - средний песок, 0,25 - 0,05 - мелкий песок, 0,05 - 0,01 - крупная пыль, 0,01 - 0,005 - средняя пыль, 0,005 - 0,001 - мелкая пыль, менее 0,001 мм - ил. При некоторых специальных исследованиях илистые частицы подразделяются еще на три группы: ил грубый (0,001-

0,0005 мм), ил тонкий (0,0005 - 0,0001 мм), коллоиды (менее 0,0001 мм). Сумма всех частиц крупнее 0,01 мм в диаметре составляет группу физического песка, мельче 0,01 мм - физической глины.

2.1 Определение гранулометрического состава почв в поле (без приборов) по Н.А. Качинскому

1. *Сухой метод* Комочек почвы величиной с зерно гречки испытывается на ощупь между пальцами. Раздавливается ногтем на ладони и втирается в кожу. Чем зерно более угловато, жестко и прочно и чем большая часть его после полного раздавливания втирается в кожу, тем почва тяжелее по гранулометрическому составу. Структурные отдельности почвы более легкого гранулометрического состава легко раздавливаются, при растирании лишь небольшая доля частиц втирается в кожу ладони, ощущаются песчаные частицы.

2 *Мокрый метод*. Небольшое количество почвы (4 - 5 г) смачивается до консистенции теста и тщательно разминается между пальцами. Хорошо размятая почва раскатывается на ладони ребром второй кисти руки в шнур и сворачивается в колечко длиной в 5 - 6 см. Толщина шнура – около 3 мм, диаметр кольца – около 3 см (рис.1).

Мокрый полевой метод дает результаты, близкие к получаемым при анализе с помощью приборов. Используется для ориентировочного определения гранулометрического состава почв (в полевых условиях и при камеральной обработке).

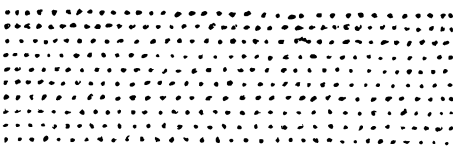
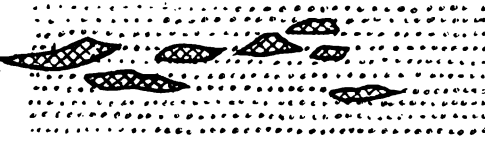
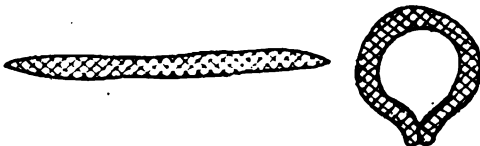
Механический состав	Морфология образца при испытаниях (вид в плане)
Шнур не образуется — песок 1	
Зачатки шнура — суглесь 2	
Шнур, дробящийся при раскатывании — легкий суглинок 3	
Шнур сплошной, кольцо распадается при сдвигании — средний суглинок 4	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами — тяжелый суглинок 5	
Шнур сплошной, кольцо стойкое — глина 6	

Рис. 1. Определение гранулометрического состава почв в поле (метод Н.А. Качинского)

2.2 Методы определения гранулометрического состава почв в лаборатории

Подготовка образца почвы к анализу. Первая часть подготовки не - каменных почв к анализу состоит из разрушения макроагрегатов и отделения «скелетной части» (частиц > 1 мм) от мелкозема. Из взятого в поле образца массой 1,0 - 1,5 кг, высушенного до воздушно-сухого состояния, берут среднюю пробу массой 100 - 150 г, порциями помещают в большую фарфоровую ступку и растирают круговыми движениями деревянным пестиком с резиновым наконечником. Пропускают почву через сито 1 мм. Не прошедшие сквозь сито агрегаты вновь разминают в ступке и снова пропускают через сито в 1 мм.

Оставшиеся в сите частицы > 1 мм собирают, отмачивают в воде от прилипших к ним глинистых частиц, просушивают и взвешивают, а затем рассчитывают в процентах к общей массе образца.

При значительном содержании в почве частиц > 1 мм их разделяют на ситах на каменистую часть (частицы > 3 мм) и гравий (частицы 3 - 1 мм). Каменистую часть почвы перед взвешиванием освобождают от прилипшего к камням мелкозема с помощью жесткой волосяной щетки, при необходимости отмывают водой, просушивают и взвешивают, а затем рассчитывают их содержание в процентах к общей массе взятого образца.

Собственно гранулометрический анализ почв состоит из двух частей:

- 1) подготовки почвенного образца к диспергации, т.е. разделению его на ЭПЧ и созданию почвенной суспензии;
- 2) определения содержания почвенных частиц по размерам.

Существуют несколько методов подготовки почв к гранулометрическому анализу.

1. Методы, в которых дезагрегация почв осуществляется без химической подготовки. Наиболее распространенный среди них - метод механического разминания почвы в состоянии пасты (Р.Х. Айдинян, 1960).

Этот метод пригоден для подготовки дерново-подзолистых почв, бескарбонатных и незасоленных почв при изучении их минералогического, химического состава и физических свойств отдельных фракций почв и совсем неприменим для карбонатных почв и красноземов, суспензии которых после растирания быстро коагулируют.

2. Методы, в которых дезагрегирование почвы проводят путем ее химической обработки: а) методы, в которых подготовка почвы сопровождается разрушением и удалением наиболее подвижных «эфмерных» ЭПЧ, включающих воднорастворимые соли, карбонаты кальция и магния, гипс. К этим методам относится и получивший широкое распространение кислотнo-щелочный метод Н.А. Качинского, состоящий из удаления эфмерных ЭПЧ 0,05 н. HCl и последующего насыщения поглощающего ком-

плекса натрием из 1н. NaOH по емкости поглощения. Подготовка почв кислотнo-щелoчным методом обеспечивает полное диспергирование почвенной массы. Метод используется при решении генетических вопросов почвоведения. б) методы, в которых диспергирование почвы проводится только обработкой растворами натриевых солей, без удаления каких-либо составных частей твердой фазы почвы. Наиболее часто в качестве диспергатора используется пирофосфат натрия. Механизм стабилизирующего действия этих реагентов состоит в том, что катионы кальция, вступая в реакцию с $P_2O_7^{4-}$ и PO_3^{2-} , образуют на поверхности кристаллитов гипса и кальция защитные гелеобразные пленочки, препятствующие их коагуляции. Этот метод подготовки почвы к анализу чаще всего используется при решении практических задач.

2.2.1 Подготовка почвы к гранулометрическому анализу кислотнo-щелoчным методом по Н.А. Качинскому

Ту часть пробы, которая прошла через сито 1 мм, помещают в корбку или в банку с притертой крышкой. Из банки с мелкоземом берут три навески: для определения гигроскопической воды - 4 - 5 г; и две навески для проверки почвы на содержание в ней карбонатов и для разделения почвенной пробы до состояния дисперсии, т. е. полного разъединения друг с другом частичек гранулометрического состава почвы: по 10 - 15 г для тяжелосуглинистых и глинистых почв, по 20 - 30 г для супесей и песков.

Вторую и третью навески переносят в фарфоровые чашки. Проверяют в них содержание карбонатов, для этого в чашки по каплям приливают 10 %-ный раствор соляной кислоты. Обработку ведут до прекращения выделения пузырьков углекислоты.

После разрушения карбонатов почву постепенно переносят 0,05-нормальным раствором соляной кислоты на плотные фильтры, помещенные на воронках. Один из фильтров, предназначенный для определения потери от обработки почвы HCl, предварительно взвешивается.

Пробы на фильтрах промывают 0,05-нормальной соляной кислотой до исчезновения реакции на кальций. Промывание соляной кислотой предназначается для того, чтобы вытеснить из почвы поглощенные кальций и магний, а в засоленных почвах, кроме того, и натрий.

Чтобы освободить почву от соляной кислоты, навески почвы на воронках промывают дистиллированной водой до исчезновения реакции на хлор, что проверяется воздействием на фильтрат 5 %-ным раствором азотнокислого серебра.

Почва со взвешенными фильтрами, взятая для определения потери от обработки 0,05н HCl, после отмыва карбонатов и последующей отмыв-

ки хлора, переносится в заранее взвешенные бюксы, высушивается при 105 °С и взвешивается. Рассчитывается потеря от обработки.

При анализе бескарбонатной почвы (не вскипает от 10 %-ной соляной кислоты) навески сразу переносят на воронки с плотным фильтром и обрабатывают 0,05-нормальной соляной кислотой до исчезновения реакции на кальций, а затем на хлор.

По окончании промывания навеска почвы с невзвешенного фильтра поступает в анализ для определения гранулометрического состава.

Обработанную навеску почвы слабой струёй дистиллированной воды из промывалки переносят с фильтра в фарфоровую чашку емкостью 300 - 400 мл. Фильтр помещают во вторую чистую фарфоровую чашку, очищают его от приставших частичек почвы стеклянной палочкой и, смочив водой, выжимают. Чтобы задержать волокна фильтра, мутную жидкость из второй чашки пропускают через сито с отверстиями в 0,25 мм и присоединяют ее к общей массе отмытой почвы первой чашки.

Подготовленную пробу почвы переносят из фарфоровой чашки в коническую колбу емкостью 750 мл.

Чтобы завершить диспергирование почвенных агрегатов на составляющие ее ЭПЧ, в коническую колбу приливают дистиллированную воду до общего объема 300 мл. Затем добавляют 1н раствор NaOH в количестве, эквивалентном емкости поглощения почвы, или добавляют столько 1% - ного раствора аммиака, чтобы после взбалтывания суспензии сохранялся устойчивый его запах. Содержимое колбы оставляют в покое на 2 - 2,5 ч, после чего суспензию кипятят на слабом огне в течение 1 ч в колбе с обратным холодильником. Добавлением дистиллированной воды объем жидкости в колбе поддерживают на одном уровне.

2.2.2 Определение содержания фракций методом пипетки

Перед взятием пипеткой проб диспергированной тем или иным способом почвы подготавливают четыре бюкса, просушив их в термостате в течение получаса, остудив в эксикаторе и взвесив на аналитических весах.

Навеску почвы пропускают через сито с отверстиями в 0,25 мм. Сито устанавливают на стеклянную воронку, помещенную на литровый цилиндр (диаметр цилиндра 6 - 8 см). Дистиллированной водой сито тщательно промывают до тех пор, пока вода, проходящая через сито, не будет прозрачной.

Частички почвы, оставшиеся на сите (фракции среднего и мелкого песка), смывают в фарфоровую чашку. Прозрачную воду из фарфоровой чашки осторожно сливают, а оставшиеся фракции переносят небольшим количеством воды в заранее взвешенный сушильный стаканчик.

Слив избыток воды, стаканчик помещают на этернитовую плитку или водяную баню, выпаривают почти досуха, затем переносят в термо-

стат, где он высушивается при 105 °С в течение 2 часов. Затем стаканчик охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Вычисляют содержание фракции $> 0,25$ мм.

Суспензию в цилиндре доливают дистиллированной водой до одного литра и анализируют пипет-методом. Перед каждым взятием пробы содержимое цилиндра равномерно перемешивают (взмучивают). Для этого цилиндр с притертой пробкой несколько раз (8 - 10) резко переворачивают вверх дном и обратно. В цилиндре без притертой пробки его содержимое перемешивают мешалкой - стеклянной палочкой (длиной 60 см), на конце которой прикреплен резиновый круг диаметром 5 см; в круге должны быть сделаны отверстия в 3 мм. Быстрым движением (одно в секунду) мешалку опускают до дна и поднимают до поверхности суспензии, делая 60 ударов в одну сторону в течение одной минуты. Затем цилиндр устанавливают строго вертикально на стойке прибора.

В оставленном в покое цилиндре взмученные частички почвы оседают и тем быстрее, чем они крупнее размером, чем больше их удельный вес, чем выше температура жидкости.

Чтобы уловить пипеткой частички необходимого размера, надо знать: а) плотность твердой фазы почвы, измеренную пикнометрическим методом или найденную по таблице в приложении; б) температуру суспензии; в) глубину, на которую следует опустить нижний конец пипетки; г) время, через которое надо взять пробу диспергированной почвы. Учитывая влияние температуры на скорость оседания почвенных частичек, необходимо стремиться к тому, чтобы колебания температуры в помещении были наименьшими. Сроки, через которые берут пипеткой пробы из цилиндра, и с какой глубины, приводятся в таблице (табл. 2).

Подготавливают прибор для взятия проб пипеткой из цилиндра (рис. 2). С этой целью разряжают аспиратор, спуская из него часть воды. За минуту до истечения срока отстаивания суспензии (время отстаивания считают с момента, как только цилиндр поставлен на стол), в цилиндр вводят пипетку. По истечении срока, указанного в таблице, в пипетку берут пробу. Для этого открывают кран, соединяющий пипетку с аспиратором. Взятие пробы требует 20 - 30 с. За это время некоторое количество частичек диаметром $< 0,05$ мм может выпасть из слоя, намеченного для взятия пробы, что значительно скажется на точности учета. Поэтому забор фракции $< 0,05$ мм начинают на 10 с раньше и заканчивают на 10 с позже положенного времени.

При взятии проб остальных фракций пипетку вводят за несколько секунд на нужную глубину и точно в положенный срок открывают кран пипетки. Когда суспензия в пипетке поднимется до черты, указывающей объем пипетки, аспиратор выключают, закрывая кран пипетки. Подняв пипетку и вынув ее из цилиндра, последний отставляют в сторону и под пи-

петку подставляют заранее взвешенный стеклянный бюкс, конец пипетки при этом опускают почти до дна стаканчика.

Суспензию, забранную пипеткой, сливают в бюкс, для чего, открыв кран на верхнем конце пипетки, впускают в нее атмосферный воздух. Пипетку, промывают дистиллированной водой в тот же бюкс. Пробу выпаривают на водной бане или этернитовой плитке почти досуха, затем высушивают при 105°C в течение 6 часов, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Зная массу бюкса, находят массу учитываемой фракции. Цилиндр после взятия пробы не доливают.

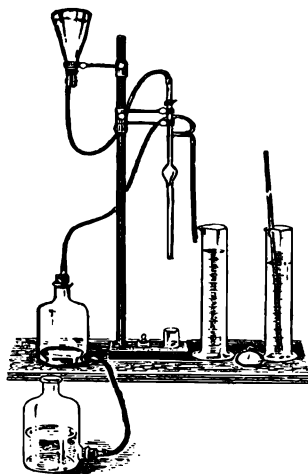


Рис. 2. Общий вид установки Качинского – Федулова для гранулометрического анализа почвы

Вычисляют процентное содержание фракций гранулометрических элементов почв и дают название ее состава.

При определении гранулометрического состава почв необходимо все данные записывать в таблицы.

2.2.3 Расчет результатов гранулометрического анализа почвы по методу Н.А. Качинского

Расчет результатов гранулометрического анализа почвы должен дать процентное содержание каждой фракции гранулометрического состава почвы.

1. *Расчет абсолютно сухой навески почвы, взятой для анализа ведется по формуле:*

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

где m - навеска абсолютно сухой почвы;

M - навеска воздушно - сухой почвы, взятой для анализа;

W - гигроскопическая влажность почвы, %.

2. *Содержание фракций крупнее 0,25 мм вычисляют по формуле:*

$$M = \frac{100 \cdot a}{m},$$

где M - содержание фракций крупнее 0,25 мм (%);

a - масса частиц > 0.25 мм во взятой навеске (г);

m - навеска абсолютно сухой почвы (г).

3. *Определение потери при химической обработке почвенной пробы.* Процент потери от обработки почвы соляной кислотой вычисляют по формуле:

$$E = \frac{100(a-b)}{B} \%,$$

где E - потеря при обработке, %;

a - навеска абсолютно сухой почвы, взятая для анализа, г;

B - навеска абсолютно сухой почвы после отмывки карбонатов (г).

В почвах карбонатных потерю следует выделять особой графой, включая ее в 100 % гранулометрического состава почвы и помещая в таблице перед песком. В почвах, ненасыщенных основаниями, потеря от обработки, обычно не превышающая нескольких процентов, состоит в основном из несиликатных форм железа и алюминия. В этом случае ее целесообразно прибавлять к илистой фракции.

4. *Содержание фракции гранулометрических элементов в отдельных пробах, взятых пипеткой, вычисляют по формуле:*

$$x = \frac{a \cdot 1000 \cdot 100}{v \cdot m} \%,$$

где X - содержание фракций меньше определенного размера (например, < 0,05 мм или < 0,01 мм), %;

a – масса этой фракции в пипеточной пробе, г;

v – фактический объем взятой суспензии, см³;

m – масса абсолютно сухой почвы, взятой для анализа, г;

1000 – общий объем суспензии, см³;

100 – коэффициент перевода в %.

Таким образом рассчитывают процентное содержание элементарных почвенных частиц < 0,05 мм, < 0,01 мм, < 0,005 мм и < 0,001 мм. Последняя фракция представляет фракцию ила.

5. Массу фракций определенного размера (0,05 - 0,01 мм; 0,01 - 0,005 мм; 0,005 - 0,001 мм находят путем вычитания из массы (или процентного содержания) предыдущей фракции массы (или процентного содержания) последующей.

6. В результате получаем процентное содержание всех фракций за исключением фракции мелкого песка (0,25 - 0,05 мм), которая определяется по разности: 100 % минус сумма процентов всех определенных в анализе фракций, в том числе фракции > 0,25 мм.

1. Форма записи результатов гранулометрического анализа почвы

>0,25 мм (М)	0,25-0,05 мм (100 – сумма всех фракций + потеря от обработки 0.05 н. HCl)	0,05 – 0,01 (А-Б)	0,01- 0,005 мм (Б-В)	0,005- 0,001 мм (В-Г)	<0,001 мм (Г)	Потеря от обработ- ки почвы 0.05 н. HCl (Е)

Примечание.

А - первая проба - секундная (количество частиц < 0,05 мм, выраженное в %);

Б - вторая проба - минутная (процентное содержание частиц < 0,01 мм)

В - третья проба - часовая (процентное содержание частиц < 0,005 мм)

Г – четвертая проба – суточная (процентное содержание ила в почве)
Е – потеря при обработке почвы 0,05 н HCl.

2.2.4 Подготовка почвы к гранулометрическому анализу методом растирания с пирофосфатом натрия

Навеску почвы (для песчаных почв – 20 г, для средних суглинков – 15 г, для тяжелых суглинистых и глинистых почв – 10 г) помещают в фарфоровую ступку. Наливают в стеклянный стаканчик 25 мл 4 %-ного раствора пирофосфата натрия. Сначала выливают около 10 мл раствора пирофосфата натрия по каплям в фарфоровую ступку с почвой, энергично ее размешивая до образования пасты. Затем, доливая оставшийся пирофосфат (около 15 мл), растирают почву до состояния однородной массы. Доливают воду до половины объема ступки и оставляют на 10 мин. Переносят суспензию в цилиндр через сито 0,25 мм. Пестик с резиновым наконечником оттирают стеклянной палочкой от прилипшей почвы в ступке, а затем отмывают оставшуюся на нем почву водой из промывалки над ситом в воронке. Переносят почву из ступки, предварительно хорошо ее перемешав стеклянной палочкой. Обливают ступку водой над ситом, растирают легко пальцем оставшиеся на сите комочки почвы. Промывают сито водой из промывалки.

Оставшиеся на сите частицы > 0,25 мм переносят в стеклянный тарированный бюкс, высушивают на песчаной бане или этернитовой плитке, затем сушат в термостате при 105 °С до постоянного веса, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Рассчитывают процентное содержание фракций > 0,25 мм. Перенесенная в центр суспензия доводится дистиллированной водой до 1 литра.

Взятие проб суспензии проводят описанным выше пипет-методом.

2. Интервалы времени взятия проб почвенной суспензии, глубины погружения пилетки в зависимости от температуры суспензии и плотности твердой фазы почвы

Диаметр частиц, мм, меньше	Плотность твердой фазы поч- вы	Глубина взятия пробы, см	Интервалы для взятия проб, (ч., мин., с.).						
			при температуре, °С						
			12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,05	2.40	25	159"	149"	140"	132"	124"	117"	111"
0,01		10	26'31"	24'51"	23'20"	21'59"	20'41"	19'33"	18'27"
0,005		10	1ч46'05"	1ч39'27"	1ч33'19"	1ч27'54"	1ч24'45"	1ч18'13"	1ч18'49"
0,001		7	30ч56'16"	29ч00'00"	27ч12'51"	25ч28'20"	24ч23"	22ч48'31"	21ч31'48"
0,05	2.45	25	154"	144"	135"	127"	120"	113"	107"
0,01		10	25'36"	24'00"	22'31"	21'13"	19'59"	18'53"	17'49"
0,005		10	1ч42'23"	1ч36'00"	1ч30'05"	1ч24'53"	1ч19'54"	1ч15'31"	1ч11'15"
0,001		7	29ч52'23"	28ч00'06"	26ч16'35"	24ч45'15"	23ч18'28"	22ч01'15"	20ч47'14"
0,05	2.50	25	148"	139"	131"	123"	116"	109"	103"
0,01		10	24'45"	23'12"	21'46"	20'31"	19'19"	18'15"	17'13"
0,005		10	1ч38'58"	1ч32'48"	1ч27'05"	1ч22'01"	1ч17'14"	1ч12'58"	1ч08'52"
0,001		7	28ч55'30"	27ч03'59"	25ч26'04"	23ч55'43"	22ч31'52"	21ч17'17"	20ч05'36"
0,05	2.55	25	144"	135"	127"	119"	111"	106"	100"
0,01		10	23'57"	22'27"	21'04"	19'51"	18'41"	17'39"	16'40"
0,005		10	1ч35'47"	1ч29'48"	1ч24'16"	1ч19'24"	1ч14'44"	1ч10'37"	1ч06'40"
0,001		7	27ч56'44"	26ч11'41"	24ч36'36"	23ч09'23"	21ч48'13"	20ч36'00"	19ч26'47"

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,05	2.60	25	139	130	122	115	109	103	97
0,01		10	23'12	21'45	20'25	19'14	18'14	17'06	16'09
0,005		10	1ч32'48	1ч26'59	1ч21'37	1ч16'55	1ч12'24	1ч08'25	1ч04'34
0,001		7	27ч04'12	25ч22'28	23ч48'41	22ч25'57	21ч07'17	19ч57'26	18ч50'16
0,05	2.65	25	135	127	119	112	105	100	94
0,01		10	22'30	21'06	19'48	18'39	17'33	16'35	15'39
0,005		10	1ч30'00	1ч24'21	1ч19'08	1ч14'34	1ч10'12	1ч06'21	1ч02'38
0,001		7	26ч15'05	24ч39'25	23ч05'26	21ч45'09	20ч28'59	19ч21'13	18ч16'05
0,05	2.70	25	131	123	115	109	102	97	91
0,01		10	21'50	20'28	19'13	18'06	17'02	16'06	15'12
0,005		10	1ч27'21	1ч21'54	1ч16'50	1ч12'24	1ч08'10	1ч04'24	1ч00'47
0,001		7	25ч28'51	23ч53'05	22ч24'42	21ч06'44	19ч52'47	18ч48'40	17ч43'48
0,05	2.75	25	127	119	112	105	99	94	89
0,01		10	21'13	19'53	18'40	17'35	16'33	15'38	14'46
0,005		10	1ч24'52	1ч19'33	1ч14'38	1ч10'19	1ч06'13	1ч02'34	59'04
0,001		7	24ч45'04	23ч12'02	21ч46'19	21ч30'32	19ч18'40	18ч14'51	17ч13'27
0,05	2.80	25	124	116	109	103	97	91	86
0,01		10	20'39	19'20	18'09	17'06	16'06	15'12	14'21
0,005		10	2ч22'30	1ч17'20	1ч12'34	1ч08'22	1ч04'23	1ч30'50	57'25
0,001		7	24ч03'54	22ч33'26	21ч07'03	19ч56'28	18ч40'34	17ч44'23	16ч44'42

2.2.5 Расчет данных гранулометрического анализа пирофосфатным методом

Порядок расчета содержания фракций гранулометрических элементов, полученных методом пипетирования с предварительной диспергацией пирофосфатом натрия.

Вычисление содержания фракций гранулометрических элементов в процентах к массе почвы производится по следующей формуле:

$$X = \frac{(m - a) \cdot 1000 \cdot 100}{V \cdot M} \%,$$

где X – содержание фракций меньше определенного размера (например, $< 0,05$ мм или $< 0,01$ мм), % ;
 m – масса данной фракции в пипеточной пробе, г;
 a – масса пирофосфата натрия в пробе с учетом объема пробы, г (для пробы объемом 25,0 мл масса соли составляет 0,025 г),
 V – объем пробы, см³;
 M – масса абсолютно-сухой навески почвы, взятой для анализа, г;
 1000 – общий объем суспензии, см³;
 100 – коэффициент перевода в %.

Таким образом рассчитывается процентное содержание фракции гранулометрических элементов размерами $< 0,05$ мм, $< 0,01$ мм $< 0,005$ мм и $< 0,001$ мм. Последняя цифра соответствует фракции ила. Гранулометрические фракции по классификации Н.А. Качинского определяются вычитанием из фракции предыдущей фракции последующей. Так определяется фракция крупной пыли (0,05 – 0,01 мм), фракция средней пыли (0,01 – 0,005 мм), фракция тонкой пыли (0,005 – 0,001 мм). В результате получаем процентное содержание всех фракций за исключением фракции мелкого песка (0,25 - 0,05 мм), которая определяется по разности 100 % и суммы процентов всех определенных в анализе фракций.

После определения процентного содержания в почве всех фракций гранулометрических элементов подсчитывают суммы фракций $< 0,01$ мм – физической глины и суммы фракций $> 0,01$ мм – физического песка и дают почве название по гранулометрическому составу.

2.2.6 Классификация почв по гранулометрическому составу

В основе классификации почв по гранулометрическому составу, деления их на пески, супеси, суглинки и глины лежит соотношение различных фракций или групп фракций элементарных почвенных частиц.

В России широкое распространение получила двухчленная классификация, предложенная Н.М. Сибирцевым (1901), усовершенствованная А.Н. Сабаниным (1903) и Н.А. Качинским (1938, 1943, 1958). Н.А. Качинский (1958) предложил классификации для трех объединений почв: 1) подзолистого типа почвообразования; 2) степного типа почвообразования, красноземов и желтоземов; 3) солонцов и сильносолонцеватых почв. В настоящее время для всех типов почв используется, как правило, классификация гранулометрического состава для почв подзолистого и степного типа почвообразования. В основу подразделения почв на пески, супеси, суглинки и глины в шкале Н.А. Качинского положено содержание в почве двух групп фракций: физической глины (частиц меньше 0,01 мм) или физического песка (частиц больше 0,01 мм), выделяемых при анализе пипет – методом, применительно к скоростям падения механических элементов в воде, определяемых по формуле Стокса. В целях оттенения в гранулометрическом составе соотношения фракций гравия, песка, пыли и ила Н.А. Качинским введено понятие «преобладающих» фракций. Выделяются фракции: гравелистая (1 - 3 мм), песчаная (0,05 - 1,0 мм), крупнопылеватая (0,05 - 0,01 мм), пылеватая (0,01 - 0,001 мм), иловатая (< 0,001 мм). К названию почвы по гранулометрическому составу добавляется название двух преобладающих фракций, на последнее место ставится название преобладающей фракции, на первое – название следующей за ней по величине фракции. Например, дерново-подзолистая почва представлена суглинком тяжелым иловато-крупнопылеватым. Это означает, что физической глины в почве 40 - 50 %, преобладающая фракция – крупная пыль, на втором месте по величине – ил, на третьем – все остальные. Подробная шкала используется при решении генетических вопросов, при картировании опытных участков, при крупномасштабных исследованиях в почвенно-мелиоративных целях.

Классификация почв по гранулометрическому составу для почв каменистых дополняется указаниями на степень их каменистости. Если частиц > 3 мм меньше 0,5 % - почва не каменистая, 0,5 - 5,0 % - слабокаменистая, 5 - 10 % - среднекаменистая, > 10 – сильнокаменистая. Тип каменистости устанавливается по характеру скелетной части. Почвы могут быть валунные, галечниковые, щебнистые.

3. Классификация почв по гранулометрическому составу (по Н.А. Качинскому, 1965)

Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм) %			Содержание физического песка (частиц > 0,01 мм) %			Краткое название почвы по гранулометрическому составу
Почва			Почва			
подзолистого типа	почвообразовательного типа	степного типа	подзолистого типа	почвообразовательного типа	степного типа	
0-5	0-5	0-5	100-95	100-95	100-95	Песок рыхлый (П _р)
5-10	5-10	5-10	95-90	95-90	95-90	Песок связный (П _{св})
10-20	10-20	10-15	90-80	90-80	90-85	Супесь (С)
20-30	20-30	15-20	80-70	80-70	85-80	Суглинок легкий (С _л)
30-40	30-45	20-30	70-60	70-55	80-70	Суглинок средний (С _{ср})
40-50	45-60	30-40	60-50	55-40	70-60	Суглинок тяжелый (С _т)
50-65	60-75	40-50	50-35	40-25	60-50	Глина легкая (Г _л)
65-80	75-85	50-65	35-20	25-15	50-35	Глина средняя (Г _{ср})
>80	>85	>65	<20	<15	<35	Глина тяжелая (Г _т)

Результаты гранулометрического анализа представляют в табличной форме или графически, в форме дифференциальных, кумулятивных (интегральных) кривых или циклограмм.

Для построения дифференциальной кривой (рис.3) по оси абсцисс откладывают величины размера частиц или логарифмы диаметра этих частиц; по оси ординат – процентное содержание фракций.

Для построения интегральной кривой (см. рис. 3) по оси абсцисс откладывают величины диаметра частиц или их логарифмы; по оси ординат вначале откладывают процентное содержание самой крупной фракций, затем сумму из процентного содержания каждой последующей и предыдущей фракций. Последнее слагаемое фракций составит 100 %. На одном графике можно разместить 3-4 кривых распределения ЭПЧ.

При наличии данных гранулометрического состава почвы по генетическим горизонтам можно использовать профильный метод изображения, который хорошо выявляет генетические особенности почвенных типов.

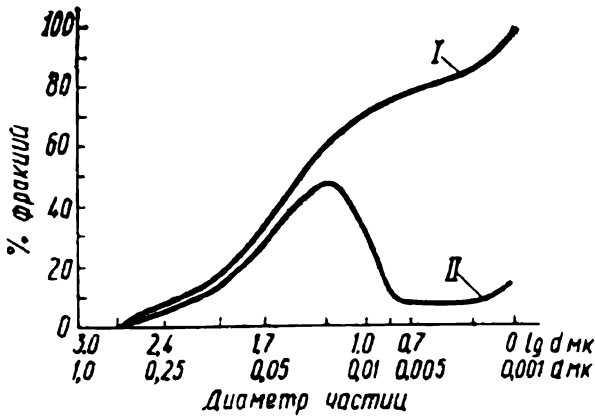


Рис. 3. Кривые распределения фракций различного размера в горизонте A_1 солонца: (I) - интегральная и (II) дифференциальная

Для построения профильной диаграммы (рис.4) по оси абсцисс наносят процентное содержание фракций, причем каждую последующую величину откладывают от предыдущей.

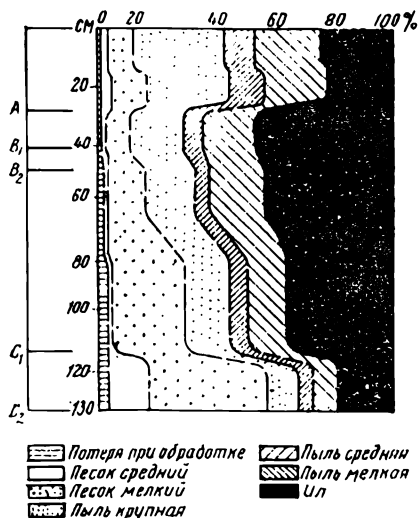


Рис. 4. Профильная диаграмма

Сопоставляя данные по гранулометрическому составу, плодородию почв и урожаю сельскохозяйственных культур, Н.А. Качинский разработал десятибалльную систему для оценки плодородия основных типов и подтипов почв. В подзолистых почвах оптимальный физический и химический режимы наблюдаются в средне- и легкосуглинистых разновидностях, а в глеевых – в супесчаных. Для основных подтипов черноземов наивысший бонитет – 8 - 10 баллов наблюдается в средне-тяжелосуглинистых и легкосуглинистых разновидностях. Высокое содержание ила, гумуса, элементов пищи и хорошая структура обуславливают высокий урожай сельскохозяйственных культур на этих почвах. Самые низкие баллы (1 - 3) у черноземов на крупнозернистых рыхлых песках.

3. Микроагрегатный состав почвы. Коэффициенты структурности и дисперсности почвы

Микроагрегаты – это почвенные агрегаты размером меньше 0,25 мм. Данные микроагрегатного состава используются для агрономической характеристики почв. Сопоставление данных микроагрегатного и гранулометрического анализов дает представление о потенциальной способности почв к оструктурированию и о степени дисперсности почв в их природном состоянии.

В рекомендуемом Н.А. Качинским методе микроагрегатного анализа исключается химическое воздействие на почву. Средства физического воздействия остаются те же, что и при гранулометрическом анализе, лишь кипячение заменяется встряхиванием.

Незасоленные почвы. Берут 100 - 150 г воздушно-сухой почвы, отбирают из нее корни, осторожно растирают в фарфоровой ступке пестиком с резиновым наконечником и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. Затем из подготовленной почвы отбирают навески для микроагрегатного анализа (10 - 30 г) и для определения содержания в почве влаги (4 - 5 г).

Подготовленную для микроагрегатного анализа навеску переносят в бутыль 0,5 л и наливают в нее до половины дистиллированную воду. Почву оставляют на сутки для размокания, затем встряхивают в течение 2 ч на мешалке с горизонтальными толчками в количестве 200 толчков в минуту. После этого содержимое бутылки через сито с диаметром отверстий 0,25 мм переносят в литровый цилиндр, доливают его до 1000 см³. Оставшуюся на сите фракцию > 0,25 мм переносят в сушильный стаканчик, высушивают в термостате до постоянной массы и определяют ее процентное содержание, принимая за 100 % массу взятой для анализа почвы.

Пробы суспензии из цилиндра для определения содержания частиц разного размера при микроагрегатном анализе берут также, как и при гранулометрическом анализе метом пипетки, объем которой 25 см³. Сроки и глубина взятия проб суспензии в цилиндре, рассчитанные по уравнению Стокса, берутся из таблицы (табл. 2). Затем содержимое цилиндра взмучивают специальной мешалкой, через расчетное время пипетку погружают на заданную глубину и с помощью респиратора отбирают пробу суспензии, которую переносят в предварительно взвешенные бюксы, излишки воды выпаривают на водяной или песчаной бане, а остаток сушат при температуре 105 °С до постоянной массы и взвешивают с точностью до 0,0001 г.

Процентное содержание фракций микроагрегатов менее определенного размера (например, менее 0,05 мм или 0,01 мм и т.п.) определяют по формуле, так же, как при гранулометрическом анализе:

$$X = \frac{m \cdot 1000 \cdot 100}{V \cdot M} \%,$$

где X - искомая величина, %;
m - масса фракции микроагрегатов менее искомого размера, г;
M - масса абсолютно сухой почвы, взятой для анализа, г;

V - объём пробы в пипетке, см^3 ;
 1000 – общий объём суспензии, см^3 ;
 100 – коэффициент перевода в %.

Массу фракций определенного размера (0,05 – 0,01 мм; 0,01 – 0,005 мм; 0,005 – 0,001 мм и менее 0,001 мм) получают, вычитая из массы (или процентного содержания) предыдущей фракции массу (или процентное содержание) последующей фракции.

Процентное содержание фракции 0,25 – 0,05 мм определяют вычитанием из 100 % суммарного процентного содержания всех фракций менее 0,05 мм в диаметре.

Засоленные почвы. Микроагрегатный анализ засоленных почв выполняют в той же последовательности, что и анализ незасоленных почв, только вместо дистиллированной воды используют водную вытяжку из данной почвы при соотношении почвы и воды 1:25.

Для приготовления вытяжки берут 40 г почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм, и помещают ее в литровую бутылку, в которую затем доливают воду до 1000 см^3 , выдерживают в течение суток, после этого встряхивают 5 мин. на ротаторе и фильтруют. Полученную вытяжку используют в дальнейшем во всех процессах анализа: замачивание почвы, доливание цилиндра и т. п.

Следует отметить, что результаты микроагрегатного анализа почвы методом Н. А. Качинского получаются несколько завышенные, так как скорость падения микроагрегатов принимается такой же, что и для гранулометрических элементов, хотя микроагрегаты одинакового с механическими частицами размера падают в воде медленнее, вследствие их рыхлого сложения и меньшей массы.

Коэффициенты структурности и дисперсности почвы. На основании данных о соотношении ила, полученных при гранулометрическом и микроагрегатном анализах, можно судить о прочности микроагрегатов (а значит, и структуры) почвы.

Фактор дисперсности K_d по Н.А. Качинскому, характеризует степень разрушения микроагрегатов в воде и выражается процентным отношением ила (частиц < 0,001 мм) «микроагрегатного» к илу «гранулометрическому».

$$K_d = \frac{a}{e} \cdot 100\%,$$

где K_d - фактор дисперсности, %;

a - содержание ила при микроагрегатном анализе, %;

e - содержание ила при гранулометрическом анализе, %.

Чем выше фактор дисперсности, тем менее прочна микроструктура, а значит и структура почвы. Фактор дисперсности черноземов глинистых и

суглинистых, как правило, ниже 10 %, в дерново-подзолистых и каштановых почвах составляет 10 - 20 %, в столбчатом горизонте солонцов поднимается до 60 - 80 %.

Фактор структурности $K_{стр}$, по Фогелеру, характеризует водоустойчивость агрегатов. Рассчитывается по формуле:

$$K_{стр} = \frac{(a - a_0)}{a} \cdot 100,$$

где $K_{стр}$ – фактор структурности, %;

a – содержание ила при микроагрегатном анализе, %;

a_0 – тоже при гранулометрическом анализе.

Сумма количественных выражений факторов дисперсности и структурности равна 100 %. Таким образом, зная величину одного фактора, легко рассчитать другой.

Гранулометрический показатель структурности P_c , по А.Ф.

Вадюниной, можно рассчитать, зная данные только гранулометрического анализа.

Механические элементы при этом разделяются на активные, обладающие цементирующей способностью и принимающие участие в структурообразовании, и пассивные, участвующие в структурообразовании как пассивный материал.

В гумусных почвах активное участие в структурообразовании принимают ил и большая часть мелкой пыли. В почвах малогумусных активной частью является только ил.

Исходя из этого формула расчета «гранулометрического показателя структурности» имеет следующий вид для гумусных почв:

$$P_c = \frac{a + a_0}{c} \cdot 100;$$

для малогумусных

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

где a – количество ила, %;

a_0 – количество мелкой пыли, %;

c – количество средней и крупной пыли, %.

Чем выше гранулометрический показатель структурности, тем больше потенциальная способность почв к оструктуриванию.

Все приведенные формулы приложим к почвам тяжелого гранулометрического состава, начиная от средних суглинков и выше.

4. Плотность и пористость почвы

4.1 Плотность твердой фазы почвы

Плотностью твердой фазы (син. удельной вес) почвы – это масса твердой фазы почвы нарушенного сложения (без пор) в единице объема. Размерность г/см^3 . Плотность твердой фазы определяется гранулометрическим и минералогическим составами почвы и содержанием в ней органического вещества. Кварц, полевые шпаты, большая часть глинистых минералов имеют плотность твердой фазы $2,6 - 2,7 \text{ г/см}^3$, железистые минералы – $3,0 - 4,0$; органическое вещество – $1,2 - 1,4$. Поэтому малогумусные иллювиальные горизонты почв, как правило, имеют плотность твердой фазы в пределах $2,6 - 2,7$ (иногда до $2,8 - 2,9$), а перегнойно – аккумулятивные горизонты в зависимости от содержания в них гумуса от $2,4$ до $2,6$. Измерив плотность твердой фазы почвы, можно косвенно судить о ее химическом и минералогическом составе. Величины плотности твердой фазы необходимы при определении гранулометрического состава (при расчете скорости падения частиц по формуле Стокса), а так же при расчете пористости почв.

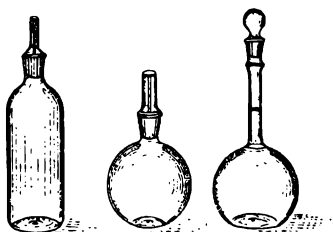


Рис. 5. Пикнометры для определения плотности твердой фазы почвы

Плотность твердой фазы почвы определяют из образцов почвы с нарушенной структурой с помощью пикнометров, т.е. сосудов, дающих точное определение объема. Наиболее простой пикнометр – мерная колба. Наиболее точные результаты дает использование фабричных пикнометров (рис. 5).

Принцип метода заключается в том, что объем, занимаемый твердой фазой определенной навески почвы, учитывают по количеству воды, вытесненной этой навеской из пикнометра. Для этого надо знать: 1) массу пикнометра, заполненного водой; 2) массу навески почвы; 4) массу пикнометра вместе с почвой и водой.

Подготовка почвы для анализа. Из коробочного образца воздушно-сухой почвы берут среднюю пробу почвы $150 - 200 \text{ г}$. Пробу растирают в

ступке и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Орштейны, журавчики, мелкие корни и прочие включения оставляют в ней. Крупные корни и другие органические остатки измельчают с помощью ножниц. Измельчение в ступке повторяют до тех пор, пока вся проба не пройдет сквозь сита. Оставшийся на сите гравий (частицы 1-3 мм) измельчают в металлической ступке и смешивают с мелкоземом.

Определение плотности твердой фазы незасоленных почв. Из подготовленного образца почвы берут средние пробы: в пикнометры для определения плотности твердой фазы - 8 - 10 г и в сушильные стаканчики для определения влажности - 4 - 5 г. Для верхних почвенных горизонтов определение плотности твердой фазы проводят с тройной повторностью, а при наличии большего количества корней - с пятикратной. Для безгumusных горизонтов допускается двойная повторность.

Навеску берут на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

Пикнометр объемом 100 мл наполняют дистиллированной кипяченой водой точно до метки и взвешивают. Дистиллированную воду кипятят в течение 2 часов в колбе с обратным холодильником для удаления растворенного в воде воздуха и охлаждают до комнатной температуры. Во время работы пикнометр следует брать все время за горлышко, чтобы не нагревать его руками, так как незначительные колебания температуры отражаются на точности определения плотности твердой фазы почвы.

После взвешивания отливают из пикнометра половину воды и через сухую воронку высыпают навеску почвы в пикнометр.

Кипятят содержимое пикнометра на песчаной бане 30 мин., не допуская разбрызгивания.

После кипячения пикнометр охлаждают до первоначальной температуры. Во время работы пользуются термометром. Для этого в отдельной колбе с дистиллированной кипяченой и охлажденной до комнатной температуры водой ставят термометр.

Охлажденный пикнометр доливают дистиллированной кипяченой и охлажденной водой до метки и взвешивают. Если охлаждение пикнометра проводят в сосуде с водой, то перед взвешиванием стенки пикнометра тщательно обтирают фильтровальной бумагой.

Вычисление плотности твердой фазы почвы проводят по формуле:

$$D = \frac{B}{A+B-C},$$

где D - плотность твердой фазы почвы, г/см³;

B - навеска абсолютно-сухой почвы;

A - масса пикнометра с водой;

C - масса пикнометра с водой и почвой.

В засоленных почвах плотность твердой фазы почвы определяют не в воде, а в инертных неполярных жидкостях (например, керосине), не растворяющих соли. В этом случае для удаления сорбированного воздуха пробы не кипят, а выдерживают в вакууме.

4.2 Плотность почвы

Плотность почвы (син. объемный вес, объемная масса) – это масса сухой почвы ненарушенного естественного сложения в единице объема. Размерность г/см^3 , т/м^3 и т.д.

Плотность почвы – одна из важнейших физических характеристик. Она определяет водный, воздушный, тепловой, биологический и другие режимы почвы. Плотность почвы необходима для решения ряда практических задач: вычисления запасов воды, питательных веществ, гумуса, расчета пористости почвы и других. По плотности сложения пахотных горизонтов судят об окультуренности почвы.

Плотность почвы зависит от гранулометрического состава почвы, структуры почвы, ее водопрочности и механической прочности, характера порового пространства.

Плотность почвы изменчива в пространстве и времени, особенно в верхних горизонтах, подвергающихся постоянному воздействию климатических, биологических и антропогенных факторов.

Учитывая динамичность плотности почвы во времени, её следует определять в обрабатываемом слое несколько раз за вегетационный период, и для расчета запасов воды, питательных веществ и т.д. в данный отрезок времени использовать соответствующую этому времени величину плотности. При разовом определении физических свойств наиболее оптимальным сроком определения плотности следует считать вторую половину июля - первую половину августа. В этот период пахотный слой почвы достигает равновесного или близкого к нему сложения, которое мало изменяется во времени. Такую плотность называют «равновесной». В профиле почвы с глубиной плотность почвы увеличивается, но остается практически постоянной для данного горизонта. Пахотный слой следует характеризовать подробно по всей глубине – с поверхности, с 10 и 20 см. Образцы берутся по каждой глубине в *пятикратной* повторности.

При определении плотности почвы по генетическим горизонтам около передней части разреза срезается растительность. Лопатой аккуратно выравнивается площадка размером 80х80 или 100х100 см, на поверхности которой располагается пять буриков – по углам площадки и в центре.

При взятии образцов по профилю почвы пробы начинают брать со дна разреза (пока дно его не засыпано осыпавшейся сверху почвой), а затем из верхнего горизонта и далее вниз по профилю. Рядом с первой верх-

ней площадкой готовится вторая площадка на боковой стенке разреза на глубину 10 см, а первая углубляется до 20 см и т.д.

При изучении варьирования плотности в пространстве, влияния уплотняющего воздействия техники, рекомендуется использовать метод траншей. В этом случае бурики располагаются вдоль траншеи длиной 150-200 см, вырытой на глубину 40-60 см. Повторность определения увеличивается до 10.

Для определения плотности используются буры-цилиндры разной конструкции. Наиболее распространены метод и прибор, разработанные Н.А. Качинским. (рис. 6).

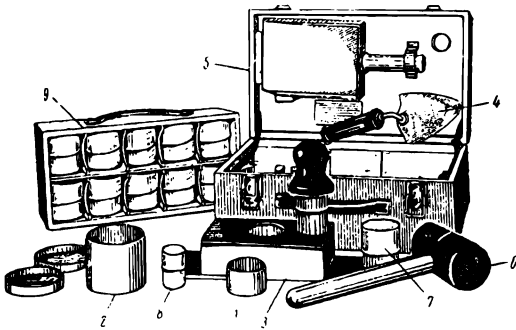


Рис. 6. Прибор для взятия образцов почвы с ненарушенным сложением (Н.А. Качинского)

Прибор состоит из стальных цилиндров (буриков) объемом около 100 см^3 и около 500 см^3 для взятия образца, направителя, обеспечивающего вертикальное погружение бурика в почву, шомпола для вдавливания цилиндра в почву, молотка для забивания цилиндра, ножа, лопатки и совка для выемки цилиндра с почвой и удаления излишков почвы, алюминиевых банок с крышками для хранения взятого образца. Большим буром рекомендуется брать пробы из рыхлого пахотного горизонта, малым – из уплотненных горизонтов.

Техника работы. Взвесить на технических весах цилиндр с крышками и определить его объем. Для вычисления объема цилиндра измеряют высоту h и диаметр d цилиндра и вычисляют его объем (в см^3) по формуле:

$$V = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h.$$

На поверхности площадки устанавливают направитель, в который вставляется цилиндр со снятыми крышками. Движением шомпола цилиндр

вдавливается в почву. Затем направитель снимают. Почву вокруг цилиндра окапывают, закрывают верхнюю крышку и, подрезав почву снизу ножом, вынимают цилиндр. Подрезают почву у нижней стороны цилиндра вровень с его краями, закрывают второй крышкой и очищают наружные стенки цилиндра от приставшей почвы.

При взятии проб необходимо следить, чтобы цилиндр погружался в почву строго вертикально. При перекосе образец забраковывается и берется другой. Взвешивают цилиндр с почвой и крышками на технических весах. Одновременно берут пробу почвы для определения влажности в алюминиевые бюксы с двойной повторностью. Влажность почвы определяется взвешиванием почвы с бюксом, высушиванием образца в сушильном шкафу в течение 6 часов, контрольной сушкой в течение двух часов и последующим его взвешиванием.

При определении плотности почвы на нескольких объектах (т.е. в больших количествах) можно воспользоваться следующей модификацией определения плотности почвы, разработанной в лаборатории физики и механики почв Почвенного института им. В.В. Докучаева РАСХН.

После взятия пробы в бурик образец почвы пересыпается в сухой, заранее взвешенный полиэтиленовый пакет, в который вкладывается этикетка с наименованием объекта, номером разреза, названием горизонта и глубины площадки.

В лаборатории сразу же после взвешивания пакета с почвой, почва высыпается в миску, тщательно перемешивается и из нее берут среднюю пробу (15 – 20 г) в алюминиевые бюксы для определения влажности. Влажность определяется в каждом образце с двойной повторностью.

Плотность почвы рассчитывают по формуле:

$$d = \frac{B}{V},$$

где d – плотность почвы, г/см³;
 B – масса абсолютно - сухой почвы в объеме, г;
 V – объем цилиндра, см³.

Для ориентировочной оценки плотности почвы в агрономических целях Н.А. Качинским предложена шкала ее оценки (1950). Однако в последние три десятилетия в связи с интенсивным использованием на полях тяжелой энергонасыщенной техники и уплотняющим воздействием ее как на пахотный слой, так и в ряде случаев на подпахотные горизонты, а также процессами дегумификации, идущими в почвах, эти параметры претерпели существенные изменения и нуждаются в корректировке.

На основании многочисленных определений плотности, выполненных лабораторией физики и механики почв Почвенного Института им. В.В. Докучаева на разных типах почв страны, предлагаем следующую ориентировочную шкалу ее оценки.

Оценка плотности сложения пахотного слоя почв суглинистого и глинистого гранулометрического состава

Плотность, г/см ³	Оценка плотности сложения
<1,0	Рыхлое (пашня вспушена). Типичные величины для свежеспаханной почвы
1,0-1,2	Оптимальное. Типичные величины для культурной пашни с высоким содержанием органического вещества в разных типах почв
1,2-1,3	Уплотненное
1,3-1,4	Плотное
1,4-1,5 >1,5	Очень плотное

Следует отметить, что невысокие величины плотности соответствуют, как правило, почвам с более высоким содержанием органического вещества ($> 4\%$), высокие – характерны для типов почв с низким содержанием органического вещества (2 - 3 % и меньше) как вследствие их генетических особенностей, так и в «выпаханных» вариантах высокогумусированных почв.

1,4 - 1,6 г/см³ – типичные величины для подпахотных горизонтов разных типов почв; 1,6 - 1,8 г/см³ – уплотненные иллювиальные горизонты дерново-подзолистых оглеенных почв и слитых почв. Для песчаных и супесчаных пахотных почв характерны величины плотности – 1,3 - 1,6 г/см³.

4.3 Общая пористость и пористость аэрации почвы

Пористость почвы – это суммарный объем пор различных по форме, размерам, направлению.

Общая пористость в песках и супесях складывается из промежутков между почвенными частицами в почвах тяжелого гранулометрического состава, в оструктуренных – из пор между элементарными почвенными частицами, макро - и микроагрегатами (межагрегатная пористость) и внутри них (агрегатная пористость). Пористость почвы является функцией плотности. С пористостью, как и со сложением, связаны водопроницаемость, водоудерживающая способность и воздухообмен почвенной толщи с атмосферой, проникновение корней растений и обитающих в ней организмов.

Величину общей пористости обычно вычисляют по соотношению плотности твердой фазы почвы и плотности почвы. Если обозначить через $d_{тф}$ плотность твердой фазы почв, а через d_n плотность почвы, то отношение даст объем, занимаемый твердыми частицами в единице объема почвы. Разность между единицей и объемом, занимаемым твердыми частицами почвы, составит общую пористость в данной единице объема. Умножив эту величину на 100, получают общую пористость почвы, выраженную в объемных процентах.

Общую пористость вычисляют по формуле:

$$P = \left(1 - \frac{d_n}{d_{тф}}\right) \cdot 100,$$

где P - общая пористость почвы, % от объема почвы;

d_n - плотность почвы, г/см³;

$d_{тф}$ - плотность твердой фазы почвы, г/см³.

Разность между общей пористостью и влажностью, выраженной в объемных процентах, дает представление о *пористости аэрации* или *воздухообеспеченности почв* при данной влажности.

$$P_{аэр} = P - W \cdot d_n.$$

где P - общая пористость, в % от объема;

W - влажность почвы, в % от массы почвы;

d_n - плотность почвы, г/см³.

По оценке, предложенной лабораторией физики и механики почв Почвенного Института им. В.В. Докучаева, общая пористость, составляющая 45 – 55 % от объема почвы, является оптимальной для пахотного слоя почв. В хорошо окультуренной почве верхняя граница ее может подниматься до 60 – 65 %. 65 – 70 % характеризует излишне высокую пористость почвы. Пористость ниже 45 % от объема почвы является неудовлетворительной для пахотного слоя. Пористость < 40 % характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов почв. 40 – 50 % - общая пористость, характерная для культурной песчаной почвы. Для оптимальных условий произрастания растений пористость аэрации при насыщении почвы водой до наименьшей влагоемкости должна составлять не меньше 15 % от общей пористости. Верхняя граница оптимального содержания воздуха в почве по данным разных авторов колеблется от 20, 25 и даже 30 % от общей пористости.

5. Структура почвы

Структура почвы – форма и размер структурных отдельностей, на которые естественно распадается почва.

Структурный анализ почвы – это система методов для количественной и качественной характеристики и оценки структуры почв как при решении генетических вопросов, так и в агрономических целях. Существующие методы характеристики структурного состава почв можно подразделить на группы: 1) морфологическое описание структуры; 2) распределение агрегатов по размерам; 3) изучение качества структуры: водопрочности, механической прочности, пористости агрегатов и их плотности; 4) исследование природы водопрочности и механической прочности почвенных агрегатов путем изучения их строения, причин и факторов, обуславливающих связь между отдельными первичными частицами. Наиболее распространенными анализами структурного состояния почвы являются – распределение структурных отдельностей (агрегатов) по размерам и определение водопрочности почвенной структуры. Наиболее распространенным методом является метод Н.И. Саввинова (сухое и мокрое просеивание).

5.1 Распределение структурных отдельностей по размерам (сухое просеивание по методу Н.И. Саввинова)

Агрегаты (структурные отдельности) представляют собой комки почвы, состоящие из элементарных почвенных частиц, связанных между собой. Величина и форма агрегатов в различных почвах разнообразны.

Обычно к агрегатам почвы относятся комки крупнее 0,25 мм. Мелкие комочки (мельче 0,25 мм) называются микроагрегатами. Агрегаты от 0,25 до 10 мм (комковатая и зернистая структура) являются агрегатами агрономически ценного размера. Агрегаты крупнее 10 мм составляют глыбистую часть почвы.

Содержание агрегатов агрономически ценного размера и глыбистой фракции при сухом просеивании образцов почвы из пахотного слоя определяет условия протекания почвенно-физических процессов, степень крошения почвы при обработке, устойчивость ее к водной и ветровой эрозии, относительную устойчивость к уплотняющему воздействию техники и является информативным показателем изменения физического состояния почвы как при окультуривании, так и при физической деградации.

Оптимальное содержание агрегатов агрономически ценного размера в пахотном слое составляет не менее 70 %. Содержание глыбистой фракции - не более 20 - 30 %.



Рис. 7. Типы почвенной структуры (по С.А. Захарову):

I – кубовидный (1 – крупнокомковатая; 2 – комковатая; 3 – мелкоореховатая; 4 – пылеватая; 5 – крупноореховатая; 6 – ореховатая; 7 – мелкоореховатая; 8 – крупнозернистая; 9 – зернистая; 10 – порошистая; 11 – структурные отдельности, нанизанные на корни); II – призмовидный (12 – столбчатая; 13 – столбовидная; 14 – крупнопризматическая; 15 – призматическая; 16 – мелкопризматическая; 17 – тонкопризматическая); III – плитовидный (18 – сланцеватая; 19 – пластинчатая; 20 – листоватая; 21 – чешуйчатая; 22 – мелкочешуйчатая).

Характеристика оструктуренности почвы, тип структуры и в некоторой степени оценка ее агрономической ценности даются при визуальном описании почвенного профиля или пахотного горизонта. Полная класси-

фикация структурных элементов для морфологического описания почвенной структуры разработана С.А. Захаровым (рис. 7, табл. 4).

4. Классификация структурных элементов по С. А. Захарову

Тип I. Кубовидная - равномерное развитие по трем осям

Род	Вид	Размеры, мм
<i>Грани и ребра плохо выражены</i>		
I. Глыбистая – неправильная форма и неровная поверхность	1. Крупноглыбистая 2. Мелкоглыбистая	>100 100-50
II. Комковатая - неправильная форма, неровные, округлые и шероховатые поверхности	1. Крупнокомковатая 2. Комковатая 3. Мелкокомковатая 4. Пылеватая	50-30 30-10 10-0,5 <0,5
<i>Грани и ребра хорошо выражены</i>		
III. Ореховатая - более или менее правильная форма, поверхность граней сравнительно ровная, грани и ребра острые	1. Крупноореховатая 2. Ореховатая 3. Мелкоореховатая	>10 10-7 7-5
IV. Зернистая - более или менее правильная форма, иногда округлая с гранями то шероховатыми и матовыми, то гладкими и блестящими	1. Крупнозернистая (гороховатая) 2. Зернистая (крупитчатая) 3. Мелкозернистая (порошистая)	5-3 3-1 1-0,5

Тип II. Призмовидная - развитие преимущественно по вертикальной оси

Род	Вид	Длина горизонтальной оси - поперечный диаметр, мм
<i>Грани и ребра плохо выражены:</i>		
V. Столбовидная - неправильной формы со слабо выраженными неровными гранями и округлыми ребрами	1. Крупностолбовидная 2. Столбовидная 3. Мелкостолбовидная	>50 50-30 <30
<i>Грани и ребра хорошо выражены:</i>		
VI. Столбчатая - правильной формы, с довольно хорошо выраженными гладкими боковыми вертикальными гранями, с округлым верхним основанием («головкой») и плоским - нижним	1. Крупностолбчатая 2. Столбчатая 3. Мелкостолбчатая	>50 50-30 <30
VII. Призматическая - с ровными, часто гляцевитыми поверхностями, с острыми ребрами	1. Крупнопризматическая 2. Призматическая 3. Мелкопризматическая 4. Карандашная - при длине отделиностей >50 мм	>50 50-30 <30 <10

Тип III. Плитовидная - развитие преимущественно по двум горизонтальным осям

VIII. Плитчатая - слоеватая с более или менее развитыми «плоскостями спайности», часто различно окрашенными и разного характера поверхностями	1. Сланцеватая 2. Плитчатая 3. Пластиначатая 4. Листоватая	>50 5-3 3-1 <1
IX. Чешуйчатая - с сравнительно небольшими, отчасти изогнутыми горизонтальными плоскостями спайности и часто острыми ребрами (некоторое сходство с чешуей рыбы)	1. Скорлуповатая 2. Грубочешуйчатая 3. Мелкочешуйчатая	>3 3-1 <1

Анализ структуры с целью ее агрономической оценки проводят обычно для всего гумусированного слоя почвы на глубину 0 - 40 (60) см. Пахотный горизонт характеризуется по всей глубине образцами по слоям 0 - 10, 10 - 20, 20 - 25 (30) см.

Взятый в поле образец почвы массой 1,2 - 1,5 кг подсушивают на воздухе до воздушно-сухого состояния. Крупные глыбы осторожно разрушают пальцами. Если в образце встречаются пожнивные остатки, корни, галька и другие включения, их осторожно удаляют пинцетом.

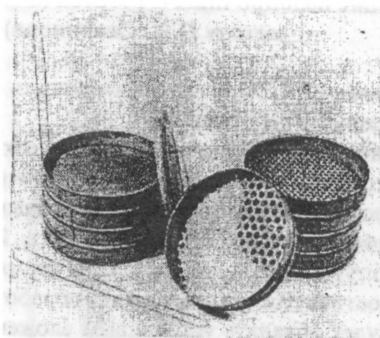


Рис. 8. Гнездо сит для сухого и мокрого просеивания почвы

Для определения общего содержания агрегатов и распределения их по размерам из воздушно-сухого образца почвы берут среднюю пробу массой 1 кг и разделяют ее на ситах с размерами отверстий 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм, выполняя так называемое сухое просеивание (рис. 8). Во избежание потерь на колонку сит надевают крышку, под сита подкладывается поддон для сбора фракции меньше 0,25 мм. Каждую фракцию отдельно взвешивают и рассчитывают ее содержание в процентах к массе взятой почвы. Сухим просеиванием почва разделяется на фракции: > 10 мм (глыбистая фракция), 10 - 7, 7 - 5, 5 - 3, 3 - 2, 2 - 1, 1 - 0,5, 0,5 - 0,25 (фракции агрегатов агрономически ценного размера), < 0,25 мм (пыль). По данным сухого просеивания рассчитывают коэффициент структурности:

$$K=A/B,$$

где К - коэффициент структурности;
А - сумма агрегатов от 0,25 до 10 мм (агрегаты агрономически ценного размера);
В - сумма агрегатов < 0,25 мм и глыб > 10 мм, %.

Если для анализа взяты свежие образцы, необходимо определить влажность почвы и при расчетах ввести поправку на влажность. Следует заметить, что результаты, полученные при просеивании воздушно-сухих образцов почв и образцов с естественной влажностью могут существенно отличаться.

Полученные фракции структурных отдельностей используют для определения количества водопрочных агрегатов.

5.2 Содержание водопрочных агрегатов (мокрое просеивание по методу Н.И. Саввинова)

Водопрочность агрегатов - это способность агрегатов почвы противостоять разрушающему действию воды.

Водопрочность агрегатов и их механическая прочность являются основными факторами, определяющими устойчивость сложения почв среднего и тяжелого гранулометрического составов во времени и устойчивость почв к деградации физических свойств. Почвы с высокой водопрочностью структуры способны длительное время сохранять благоприятное сложение, достигнутое механической обработкой. Установлено, что пахотный слой будет обладать устойчивым сложением, если будет содержать не менее 40 % водопрочных агрегатов $> 0,25$ мм, определенных по методу Н.И. Саввинова (И.В. Кузнецова, 1979). При содержании водопрочных агрегатов ниже этого уровня почва быстро уплотняется под влиянием выпадающих осадков, физические свойства ее, особенно водо- и воздухопроницаемость ухудшаются.

Содержание водопрочных агрегатов $> 0,25$ мм может служить критерием для оценки и прогнозирования устойчивости сложения пахотного слоя, являясь необходимой предпосылкой для теоретического обоснования различных приемов обработки почв.

Водопрочность структуры по Н.А. Качинскому имеет двоякую природу: 1) по типу неразмокаемости в воде в результате стойкого химического и физико-химического закрепления коллоидов (необратимая коагуляция коллоидов); 2) в силу отсутствия водопроницаемости. Первый тип водопрочности структуры ценный с агрономической точки зрения. Во втором случае водопрочность структуры основана на плотной упаковке почвенных частиц, низкой общей пористости комочков, небольшом количестве или отсутствии активных пор.

Основными факторами, определяющими природу водопрочности почвенных агрегатов, являются гранулометрический состав, в первую очередь, содержание илистой фракции и ее минералогический состав, содержание и качество органического вещества.

Методы определения водопрочности почвенных агрегатов можно разделить на прямые (в почве определяется содержание водопрочных агрегатов) и косвенные, когда о разрушающем действии воды на почву судят по изменению водопроницаемости или воздухопроницаемости почвы, по количеству воды, расходуемой на размывание агрегатов.

Наиболее распространенный метод мокрого просеивания по Н.И. Саввинову, а также на приборе И.М. Бакшеева (рис. 9 и 10).

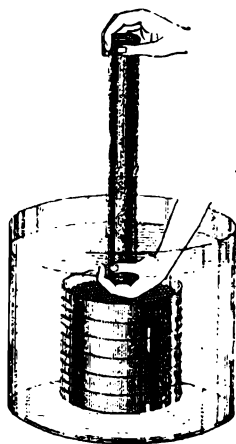


Рис. 9. Установка для фракционирования почвы на ситах в воде

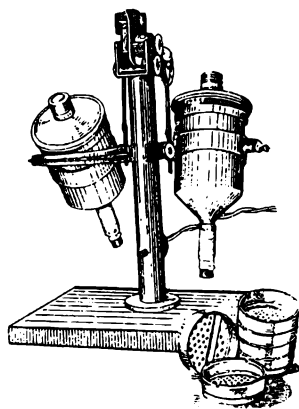


Рис. 10. Прибор И.М. Бакшеева для «мокрого» агрегатного анализа почвы

Для определения количества водопрочных агрегатов методом Савинова из фракций, полученных при сухом рассеивании, составляют навеску почвы 50 г. Для этого из каждой фракции после сухого рассеивания отвешивают на технических весах навеску почвы в граммах, соответствующую половине числа, указывающего процентное содержание фракций.

Например, содержание фракции 10 - 5 мм составляет 12,4 %, из этой фракции берут 6,2 г; из фракции 5 - 3, составляющей 22 %, берут 11 г и т.д.

Фракцию мельче 0,25 мм (пыль) в навеску не включают. Поэтому общая навеска фактическая будет меньше 50 г на величину, соответствующую половине процентного содержания фракции меньше 0,25 мм. Для расчетов навеску считают равной 50 г.

Подготовленную таким образом почву помещают в литровый цилиндр, медленно увлажняют её до полного насыщения водой. Увлажненную почву оставляют в покое на 10 мин., после чего осторожно по стенке приливают воду до метки и слегка наклоняют цилиндр для удаления оставшегося в почве воздуха.

Составляют колонку из пяти сит с отверстиями в 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм без поддонника и крышки. Скрепляют сита через ушки проволочными дужками и помещают в бак или ведро, наполненное водопроводной водой так, чтобы верхнее сито было погружено в воду на 8 - 10 см.

Цилиндр, края которого рекомендуется отшлифовать, доливают водой доверху, плотно прикрывают хорошо отшлифованным стеклом, следя за тем, чтобы не осталось ни одного пузырька воздуха, и быстро переворачивают цилиндр вверх дном. Когда основная масса почвы упадет вниз, цилиндр переворачивают. Необходимо сделать 10 переворотов цилиндра.

После переворачивания цилиндра, не сдвигая стекла, цилиндр опрокидывают над колонкой сит и погружают в воду над верхним ситом. Под водой стекло отодвигают и массу почвы из цилиндра круговыми движениями его переносят на верхнее сито. Через 10 - 20 с, когда все агрегаты крупнее 0,25 мм упадут на сито, цилиндр закрывают стеклом в воде и вынимают. Затем приступают к разделению фракции на ситах. Для этого набор сит плавно поднимают вверх на 4 - 5 см, не обнажая почвы из воды, и быстрым движением опускают вниз. Через 2 - 3 с вновь поднимают и опускают сита.

Два верхних сита через 10 встряхиваний снимают, а нижние сита встряхивают еще 5 раз.

Фракции, оставшиеся на ситах, переносят в фарфоровые чашки и после отстаивания избыток воды сливают. Выпаривают на водяной бане, высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Полученный вес каждой фракции умножают на 2 и получают процентное содержание водопропрочных агрегатов определенного размера.

Разница между 100 и суммой полученных агрегатов дает процентное содержание микроагрегатов мельче 0,25 мм. В результате почва разделяется на 6 фракций: крупнее 3 мм, 3 - 2 мм, 2 - 1 мм, 1 - 0,5 мм, 0,5 - 0,25 мм и мельче 0,25 мм.

При работе со свежими образцами почв, одновременно с определением водопропрочных агрегатов, необходимо определить влажность почвы и внести соответствующую поправку на сухую почву. Результаты, получен-

ные при просеивании воздушно-сухих образцов и образцов с естественной влажностью, существенно различаются.

По модификации лаборатории физики и механики почв Почвенного Института им. В.В. Докучаева оставшиеся на ситах после просеивания в воде фракции переносятся в фарфоровые чашечки (D~12 см), а из них в плотные, предварительно взвешенные и пронумерованные фильтры, помещенные в воронки и предварительно смоченные водой. Воронки вставляются в отверстия специальных реек, под которые подставляются стаканы или колбы для приема воды. Фильтры с водопрочными агрегатами подсушиваются на воронках, а затем в термостате при температуре 60 °С или на воздухе до постоянного веса.

Ориентировочную оценку содержания водопрочных агрегатов крупнее > 0,25 мм и устойчивость сложения можно дать по следующей шкале (табл. 5).

5. Шкала оценки водопрочности структуры и сложения пахотного слоя почв (Кузнецова И.В., 1979)

Содержание водопрочных агрегатов >0,25 мм, %	Оценка	
	водопрочности структуры	устойчивости сложения по водопрочности структуры
<10	Неводопрочная	Неустойчивое
10-20	Неудовлетворительная	
20-30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое
30-40	Удовлетворительная	
40-60	Хорошая	Относительно устойчивое
60-75(80)	Отличная	Высокоустойчивое
>75 (80)	Избыточно высокая	

6. Твердость почвы

Твердость почвы, или сопротивление расклиниванию, – это свойство почвы сопротивляться сжатию и расклиниванию. Н.А. Качинский и Н.В. Щучкин под твердостью почвы понимают сопротивление проникновению в нее какого – либо тела плунжера (конуса, шара, цилиндра и т.д.). Количе-

ственно это величина может быть измерена величиной усилия, которое необходимо для введения в почву плунжера и выражается в кг/см^2 .

Твердость почвы зависит от гранулометрического состава и влажности почвы, а также от плотности и структуры почвы, времени предыдущей обработки и т. д.

Твердость почвы имеет важное экологическое значение, так как проникновение корней растений, роющая деятельность почвенной фауны в твердой почве затруднены, и играет большую роль при механической обработке. Чем выше твердость почвы, тем большее сопротивление оказывает она рабочим органам почвообрабатывающих машин (сопротивление расклиниванию), но тем меньшие тяговые усилия требуются при перекалывании механизмов по поверхности.

Твердость почвы измеряется твердомерами разных конструкций, неизменными составными частями которых являются пружины с известным усилием сжатия, плунжеры и шкала, измеряющая глубину погружения плунжера.

Среди твердомеров наиболее известны – твердомер Качинского, твердомер Ревякина, Алексеева, Горячкина, ВИСХОМ а и др.

Твердомер Качинского (рис.11) устроен по револьверному принципу. Силой разжатия пружины плунжер погружается в почву и поэтому показания прибора не зависят от силы работающего. Прибор портативен, несложен в обращении, его используют при исследовании физико-механических свойств почвы в полевых и лабораторных условиях. Им обычно пользуются для определения твердости почвы по генетическим горизонтам при морфологическом описании почвенного профиля на рабочих площадках, подготовленных для определения физических свойств почвы или в стенках почвенного разреза. (Подробное описание приборов см. в кн. А.Ф. Вадюниной и З.Н. Корчагиной, стр.139). На корпусе твердомера нанесена шкала с делениями от 0 до 60. Длина 60 мм соответствует максимальному ходу плунжера. Отсчет делений производят с помощью подвижного кольца-указателя. В зависимости от сопротивления усилие на плунжер можно менять перестановкой пружин, имеющих в комплекте прибора и создающих при максимальной деформации усилия на плунжер в 0,6; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 16; 18 кг. При работе с прибором записывают показания по шкале прибора, а затем по тарировочной таблице находят соответствующие значения сопротивления почвы. Определяют твердость почвы с десятикратной повторностью, а затем из этих определений выводят среднее значение. Одновременно обязательно берут образцы на влажность почвы.

Результаты измерения твердости почвы, сопровождаемые данными по влажности, заносят в таблицы и оформляют графически.

Оценка твердости по сопротивлению расклиниванию, кг/см²
(по Н.А. Качинскому):

>100 - слитая
100-50 - весьма плотная
50-30 плотная
30-20 - плотноватая
20-10 - рыхловатая
<10 - рыхлая.

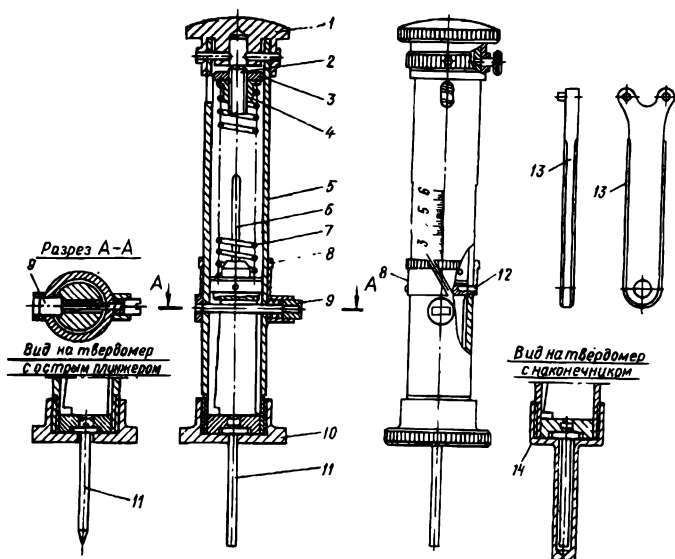


Рис. 11 Твердомер Н.А. Качинского:

1 - головка; 2 - винт; 3 - шайба; 4 - шайба; 5 - корпус; 6 - поршень; 7 - пружина;
8 - кольцо-указатель; 9 - кнопка; 10 - диск; 11 - плунжер; 12 - винт, 13 - ключ;
14 - глухой наконечник

Твердомер Ревякина относится к серии приборов нажимного типа. Им можно определять твердость до глубины 50 см. Рабочей частью прибора является плунжер диаметром 2 см, который навинчен на нижний конец штока, на верхнем конце которого надета рукоятка.

К прибору прилагаются сменные измерительные пружины с диаметром проволоки 3, 4 и 5 мм, которые используются в зависимости от твердости почвы. Каждая пружина должна быть заранее оттарирована и иметь тарировочный график. Твердомер имеет самопишущее устройство, позволяющее фиксировать изменения сопротивления сжатия по глубине погружения плунжера в почву.

Твердомер устанавливают на почву строго вертикально. Нажатием руки на рукоятку шток с плунжером вдавливается в почву. При этом пружина сжимается пропорционально сопротивлению, оказываемому почвой. На ленте самопишущего устройства фиксируется соответствующая кривая. На основании полученных данных определяют среднюю величину по оси ординат (в мм) и затем, зная, сколько килограммов приходится на один миллиметр сжатия пружины, вычисляют среднюю величину сопротивления почвы сжатию. Показателем твердости почвы, выраженной в кг/см^2 (кПа), служит отношение величины среднего сопротивления к площади плунжера. Повторность сопротивления пятикратная. При вычислении окончательных данных используют среднюю величину.

Твердомер Алексеева относится к ручным нажимным приборам. В отличие от описанных выше, пружина в нем заменена гидравлическим динамометром. Показания сопротивления вертикальной нагрузке отсчитываются по манометру.

Цилиндр твердомера заполняют тормозной жидкостью. Вертикальное усилие, которое создается надавливанием рук на рукоятку, через поршень, рабочую жидкость и основание цилиндра передается на стержень; усилие, воспринятое рабочей жидкостью, измеряется манометром. Повторность определения не менее 10. Прибор несложен в обращении и дает возможность быстро получать характеристику объекта (рис. 12)

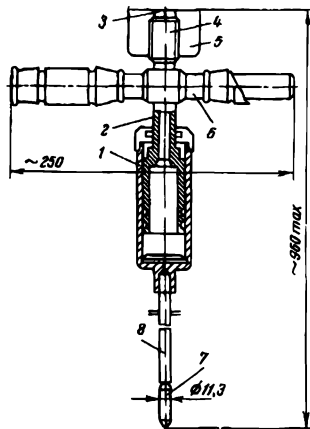


Рис. 12. Твердомер Алексеева:

- 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – пробки; 4 – угольник;
5 – манометр; 6 – рукоятка; 7 – наконечник; 8 – стержень

7. Водопроницаемость почвы

Водопроницаемость почвы (грунта) - свойство почвы пропускать через себя воду. Количественно выражается мощностью слоя воды, поступающей в почву через ее поверхность в единицу времени (мм/мин, см/сек, м/сутки). Для генетической, агрономической и мелиоративной характеристики почвы (грунта) это свойство имеет исключительно важное значение. От него зависит степень восприятия почвой атмосферных осадков или поливных вод, формирование поверхностного и внутрипочвенного стока, интенсивность процессов водной эрозии, а в мелиоративной практике знание этого свойства необходимо для определения методов и норм полива, расчета междренного расстояния, глубины промачивания, потерь воды из каналов и водохранилищ.

Различают две стадии водопроницаемости - *впитывание* и *фильтрацию*. В первый момент поступления воды в ненасыщенную водой почву вода впитывается и передвигается в вертикальном и горизонтальном направлениях под влиянием сил тяжести, градиентов сорбционных и менисковых сил, а так же гидростатического напора. Этот процесс характеризуется *скоростью впитывания*. Прохождение воды через водонасыщенные (до полной влагоемкости) слои почв и грунта под влиянием сил гравитации и градиента напора называется *фильтрацией* и характеризуется *скоростью фильтрации*. В агрономической практике чаще всего наблюдается впитывание воды почвой и только, когда скорость впитывания приобретает постоянную величину, можно говорить о фильтрации.

Интенсивность, или характер водопроницаемости, зависит от гранулометрического и химического составов, от качества структуры (ее водопрочности и механической прочности), плотности сложения, пористости почвы или грунта (величины, формы и направленности пор), исходной влажности почв, способности почв и грунтов к набуханию во влажном состоянии и усадке при высыхании. Наличие в почве капиллярных и некапиллярных пор (трещин, ходов землероев, кротовин) обуславливает неоднородное движение воды и разную глубину промачивания.

Водопроницаемость почвы весьма динамична и, как правило, уменьшается во времени. В зависимости от варьирования плотности сложения, наличия кротовин, червороин, водопроницаемость может варьировать в широких пределах. Водопроницаемость почвы, как и другие физические свойства, изменяется в профиле почвы по генетическим горизонтам. При мелиоративных исследованиях особенно важно знать водопроницаемость тех горизонтов, которые выходят на поверхность дна и стенок ирригационной сети (каналов, дрен).

В основу методов определения водопроницаемости почвы должны быть положены полевые методы, изучение почвы в естественном ее залегании в природных или производственных условиях. Лабораторные мето-

ды при изучении водопроницаемости являются вспомогательными, дополняющими или разъясняющими некоторые стороны полевого метода.

При решении ирригационных проблем применяются методы определения водопроницаемости дождеванием, напуском по полосам, по бороздам и т.д. Коэффициент фильтрации определяется методом непрерывной откачки воды из скважин, методом затопления скважин водой.

Для агрономических целей определение водопроницаемости проводят методом малых заливаемых площадей (методом рам).

7.1 Определение водопроницаемости почвы методом рам

Для определения используют две рамы – внутреннюю, площадью 25х25 см - учетную и внешнюю, площадью 50х50 см для защиты от бокового растекания воды (рис. 13).

Рамы, имеющие различную форму (квадратную, круглую), изготовленные из металла или дерева, врезают в почву, в них заливают воду и учитывают скорость впитывания ее за определенные интервалы времени при постоянном напоре. Подачу воды в раму для поддержания определенного уровня осуществляют вручную (мерным сосудом) или автоматически с использованием водорегулирующих приспособлений, основанных на принципе сосудов Мариотта или типа поплавков.

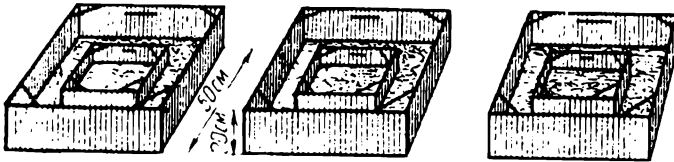


Рис. 13. Определение водопроницаемости методом рам

Наиболее распространенным прибором для определения водопроницаемости является прибор ПВН – прибор для определения водопроницаемости Нестерова (рис. 14).

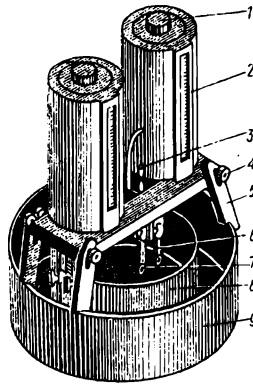


Рис. 14. Прибор ПВН-00 для определения водопроницаемости почв и грунтов:
1 – пробка; 2 – бачок; 3 – отвес; 4 – гайки;
5 – штатив; 6 и 7 – патрубков; 8 и 9 – рамы

Определение водопроницаемости проводят в трехкратной повторности. Рамы устанавливают на характерной для данного типа или данной разновидности почвы площадке, на расстоянии 50 см одна от другой. Врезав рамы в почву на глубину 5 - 10 см, уплотняют почву у стенок рам, чтобы предотвратить просачивание воды по образовавшимся зазорам между почвой и стенками рам. Затем устанавливают на штатив – подвеску два заполненных водой бачка: один для подачи воды в учетное кольцо, другой – в защитное. Вначале водой заполняют одновременно - учетную и защитную рамы и создают над поверхностью почвы 5 – сантиметровый слой воды. Во избежание размывания почвы воду льют на пучок сена, соломы или на дощечку. В раму опускают термометр для измерения температуры воды. Открывают краны. Расход воды регистрируется по шкале в бачке через определенные промежутки времени.

Наблюдения за водопроницаемостью ведут до наступления постоянной скорости впитывания: для почв тяжелого гранулометрического состава (суглинков, глин) 5 - 6 часов, для легких почв - 3 - 4 часа.

Расчет скорости водопроницаемости для различных промежутков времени определяют по формуле:

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

$$V_{10} = \frac{V_t}{0,7 + (0,03 \cdot t)},$$

Форма записи

[illegible]

Данные по водопроницаемости почв можно оформить и в виде графика (рис. 15).

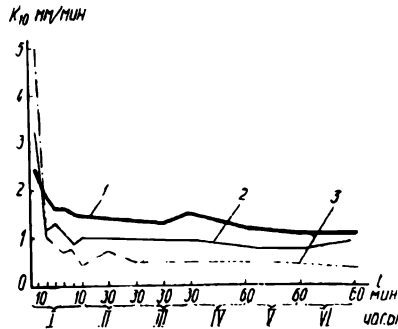


Рис. 15. Водопроницаемость почв. Метод малых заливаемых площадей
($H=5$ см, $t^{\circ}=10^{\circ}\text{C}$):
1 — чернозем; 2 — дерново-подзолистая почва; 3 — солонец

Для оценки водопроницаемости в агрономических и мелиоративных целях используют шкалу Н.А. Качинского.

Оценка водопроницаемости почв тяжелого гранулометрического состава по Н.А. Качинскому (напор воды $H=5$ см при температуре 10°C) приведена ниже.

Водопроницаемость, мм в первый час	Оценка
Свыше 1000	Провальная
1000 – 500	Излишне высокая
500 – 100	Наилучшая
100 – 70	Хорошая
70 – 30	Удовлетворительная
<30	Неудовлетворительная

После определения водопроницаемости методом рам определяют полевую или наименьшую влагоемкость почвы (см. раздел «Влажность почвы»).

7.2 Определение водопроницаемости почвы методом трубок

Метод трубок, по сравнению с методом заливаемых площадей, менее трудоемок и не требует больших количеств воды. Используется для измерения водопроницаемости почвы с поверхности и по отдельным генетическим горизонтам или слоям с большим числом повторностей. Измерение водопроницаемости по горизонтам методом трубок позволяет выявить их различия и дает возможность установить глубину водоупора и глубину образования временных верховодок.

Водопроницаемость методом трубок изучают с переменным и постоянным напором, выражают в мм/мин, мм/час.

Метод трубок с переменным напором. Пахотный слой характеризуется по трем глубинам с поверхности, с 10 и 20 см. В остальной части профиля для того, чтобы охарактеризовать водопроницаемость всей толщи горизонта, трубки устанавливают по верхней его границе. Выравнивая поверхность почвы, необходимо сохранить ее в ненарушенном состоянии, т.е. не уплотнить и не закрыть ее пор (рис. 16).

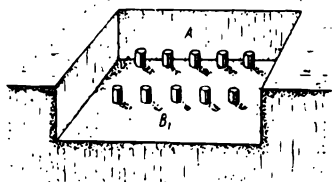


Рис. 16. Определение водопроницаемости почвы методом трубок по Н.А Качинскому

Обычно используются металлические трубки диаметром 3 - 4 см, высотой 13 см. Нижний конец ее заострен, а на высоте 10 см делают риски. Погружают трубку на 3 см в почву, надавливая на нее рукой или осторожно постукивая деревянным молотком. Трубки заранее нумеруют и уста-

танавливают в шахматном порядке в два ряда, на расстоянии 10 - 13 см одна от другой. С внешней стороны рукояткой ножа или молотка осторожно уплотняют почву, чтобы не было бокового оттока. Наполняют трубку до верха, записывают время начала заполнения первой трубки и конца заполнения последней. В одну из трубок опускают термометр. Следят за просачиванием воды и записывают время полного просачивания воды из каждой трубки, температуру воды.

При слабой водопроницаемости продолжительность наблюдений ограничивают тремя часами, после чего замеряют высоту столба просочившейся воды с помощью линейки. При хорошей водопроницаемости (в пахотном горизонте или легком гранулометрическом составе) проводят трехкратное наполнение трубок и за окончательный итог берут среднее из трех определений.

Водопроницаемость почвы, определенную методом трубок, выражают скоростью водопроницаемости, т.е. в мм водного столба, проходящего через единицу площади в единицу времени и рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{h}{t},$$

где V - скорость водопроницаемости, мм/мин;
 h - высота просочившегося столба воды, мм;
 t - время просачивания мин,

Приводят водопроницаемость к температуре 10 °С по формуле Хазена.

Рассчитывают V и V_{10} для каждой трубки и среднее значение для данной глубины или горизонта. Данные приводят в виде таблицы и оформляют в виде графика.

Для определения водопроницаемости методом трубок с постоянным напором необходимо иметь прибор, разработанный на кафедре физики и мелиорации почв МГУ, в котором для установления постоянного напора используется принцип Мариотта.

8. Формы воды в почве

8.1 Гигроскопическая влажность почвы

Гигроскопическая влажность почвы – это количество воды, которое содержится в воздушно-сухой почве, т.е. почве, длительное время выдерживаемой в условиях комнатной температуры и влажности воздуха. Это важный показатель, который необходим при проведении любого анализа

почвы. Знание гигроскопической влажности необходимо для расчета количества абсолютно-сухой почвы во взятой для анализа навеске почвы.

Для определения гигроскопической влажности на аналитических весах берут в небольшие стеклянные бюксы заранее пронумерованные и взвешенные, среднюю пробу массой 5-10 г для суглинистых и глинистых почв и 10 - 15 г для песчаных и супесчаных почв. Бюкс с почвой и крышкой взвешивают и сушат при температуре 100 – 105 °С в течение 3 часов, а затем проводят контрольную сушку 1 - 2 ч, доводя образец до постоянной массы. Допустимые расхождения в массе после сушки 0,003 - 0,005 г. Полученные данные заносят в таблицу, соответствующие вычисления производят по формуле:

$$W_z = \frac{a-b}{b-c} \cdot 100,$$

где W_z – гигроскопическая влажность, %;
 a – масса бюкса с воздушно-сухой почвой, г;
 b – масса бюкса с абсолютно-сухой почвой, г;
 c – масса бюкса, г;
 100 – перевод в проценты.

Убыль массы при сушке выражают в процентах от массы высушенной почвы.

Для расчета абсолютно-сухой навески почвы величину воздушно-сухой навески умножают на коэффициент

$$K = \frac{100}{100 + W_z},$$

где W_z – гигроскопическая влажность почвы, %.

8.2 Максимальная гигроскопическая влажность почвы

Максимальной гигроскопической влажностью (МГ) называется то количество воды, которое поглощает почва из воздуха, насыщенного парами воды.

Величина максимальной гигроскопической влаги зависит от гранулометрического состава почвы, в первую очередь, содержания в ней или-

стых частиц, содержания органического вещества и степени его гидрофильности.

Величина МГ используется для характеристики гидрофильности почвенных образцов, для ориентировочной оценки влажности завядания растений и величины удельной поверхности почв (см. раздел 8.3.). В песках МГ составляет несколько десятых долей процента, в суглинках возрастает до 3 – 5 – 8 % от массы почвы, в глинистых, особенно гумусированных почвах, - до 10 %. Органогенные почвы имеют МГ до 20 - 30 %.

Определение МГ проводится или над 10 % -ным раствором серной кислоты (по Э. Митчерлиху) или над насыщенным раствором сернокислого калия (по А.В. Николаеву).

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

При определении МГ по этому методу почву насыщают парами воды над насыщенным раствором K_2SO_4 , который создает 98 % -ную относительную влажность воздуха. Определение ведут с двойным контролем. Во взвешенные невысокие, но лучше широкие стеклянные бюксы берут на аналитических весах по 5 - 10 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито в 1 мм. Точность взвешивания бюксов и почвы до 0,0001 г. Бюксы с открытой крышкой помещают на фарфоровую решетку эксикатора, на дно которого наливают насыщенный раствор K_2SO_4 . Для приготовления насыщенного раствора берут 100 г соли K_2SO_4 , растворяют в 1 л дистиллированной воды и добавляют еще 5 - 10 г твердой соли. Насыщенность раствора определяют по наличию кристаллов соли в растворе.

Эксикатор плотно закрывают крышкой, края которой смазаны вакуумной смазкой или вазелином. Ставят эксикатор в темное место с относительно постоянной температурой – в шкафу, под ватный колпак и т.д.

Бюксы выдерживают в эксикаторе, периодически через 5 - 6 дней взвешивают, закрыв крышками, пока они не перестанут прибавлять в массе. После достижения постоянной массы бюксы снова ставят на 5 - 6 дней в эксикатор и снова взвешивают пока различия между результатами последних взвешиваний не станут меньше $\pm 0,0005$ г. После этого стаканчики с почвой высушивают, в сушильном шкафу при 105 °С до постоянной массы и после охлаждения в эксикаторе взвешивают. Количество максимальной гигроскопической влажности вычисляют в процентах к сухой почве по формуле:

$$W_{мг} = \frac{в - с}{с - а} \cdot 100,$$

где $W_{мг}$ - величина максимальной гигроскопической влаги, %;
 а - масса пустого стаканчика, г;
 в - масса стаканчика с почвой после насыщения, г;
 с - масса стаканчика с почвой после высушивания, г;
 100 - коэффициент для перевода в проценты.

На основании величины максимальной гигроскопической влажности вычисляют влажность завядания растений (ВЗ) или влажность устойчивого завядания растений (ВУЗ).

По величине максимальной гигроскопической влажности можно ориентировочно рассчитать величину удельной поверхности почвы по Э. Митчерлиху:

$$S, м^2 / з = 4 \cdot W_{мг} \%,$$

где $W_{мг}$ – максимальная гигроскопическая влажность, %.

8. 3 Влажность завядания растений

Влажность завядания растений (ВЗ) – влажность почвы, при которой проявляются первые признаки увядания (потеря тургора) растений с хорошо развитой корневой системой, не исчезающие при помещении растений на 12 часов в атмосферу, насыщенную водяными парами. Зависит от свойств почв и вида растений. ВЗ – это важная почвенно-агрономическая характеристика, так как ВЗ является нижней границей запаса продуктивной почвенной влаги. Оставшаяся при этом в почве вода относится к категории труднодоступной и недоступной растениям, т.е. непродуктивной.

Наиболее достоверные результаты дают прямые биологические методы определения ВЗ.

8.3.1 Определение влажности завядания растений биологическим методом (метод проростков)

Взвесить 40 - 60 г растертой и пропущенной через сито с отверстиями 2 мм воздушно-сухой почвы и поместить ее в протарированные высокие (6 - 7 см) алюминиевые бюксы (диаметр бюкса 3 - 4 см). До засыпки почвы в каждый стаканчик помещают отрезок неширокой (4 - 5 мм) стеклянной трубки длиной 8 - 9 см для полива растений. Определения проводят с 3 - кратной повторностью.

До посева проросших семян ячменя из каждого стаканчика отсыпают полусантиметровый слой воздушно-сухой почвы. Проводят через стеклянную трубочку полив почвы до тех пор, пока влага по капиллярам не увлажнит верхний слой. Вместе с водой в почву вносят питательные вещества из расчета:

0,4 г двузамещенного фосфорнокислого аммония;

0,8 г азотнокислого аммония;

0,5 г азотнокислого калия.

После увлажнения в стаканчик укладывают 5 - 6 проросших зерен ячменя, прикрывая их отсыпанным слоем почвы.

Стаканчик прикрывают плотной бумагой для предохранения влаги от испарения и держат в таком состоянии до появления всходов. С появлением всходов стаканчики ставят в хорошо проветриваемое и освещенное место, но не на прямой солнечный свет. Когда ячмень достигнет фазы двух листочков, в стаканчике оставляют только 3 одинаково развитых растения, а остальные удаляют. Время от времени почву в бюксах увлажняют через трубку небольшим количеством воды. Когда второй лист молодых растений станет длиннее первого настоящего листа и корни растений оплетут всю почву, растение готово к опыту, полив растений прекращают.

Поверхность почвы в стаканчике заливают смесью парафина и технического вазелина (4 части парафина и одна часть вазелина, по массе). Чтобы не повредить растения, пользуются полужастывшей смесью. Для газообмена в застывшей на поверхности смеси делают два-три булавочных прокола.

Ставят стаканчик на место и оставляют там до появления признаков завядания растений, наблюдая за ними ежедневно утром, днем и вечером.

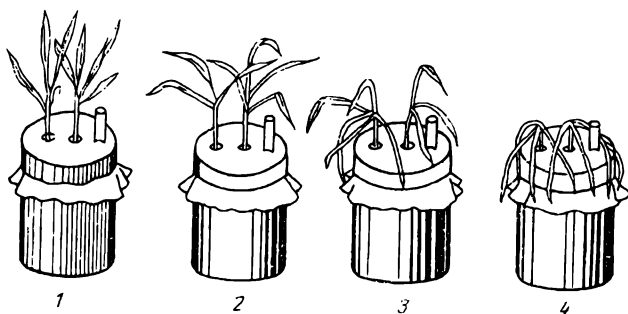


Рис. 17. Этапы завядания растений:

- 1 – нормально развитое растение; 2 – начало завядания;
3 – устойчивое завядание; 4 – гибель растения

Когда все листья подвянут и опустятся до половины своей длины, стаканчик помещают под стеклянный колпак или ящик с влажной ватой или опилками. Если до следующего утра растения не оправятся, то почва достигла влажности устойчивого завядания. (рис. 17).

Если за ночь тургор растений восстанавливается, опыт продолжается, и растения снова выставляют на свет.

Почву извлекают из стаканчика. Верхний слой толщиной 1 - 2 см вместе с парафиновой коркой удаляют. Остаток почвы освобождают от корней, помещают в тот же стаканчик и взвешивают.

Стаканчик с почвой ставят в сушильный шкаф и высушивают при температуре 105 °С, соблюдая режим сушки, установленный для определения влажности.

Расчет влажности устойчивого завядания растений проводят по формуле:

$$W_{вз} = \frac{a - в}{с} \cdot 100,$$

- где а - масса стаканчика с почвой при устойчивом завядании;
в - масса стаканчика с почвой после сушки;
с - масса сухой почвы;
100 - коэффициент для перевода в проценты.

Среднее значение влажности из всех повторностей и считается влажностью устойчивого завядания растений, характерной для всех зерновых культур.

Биологический метод имеет несколько модификаций, среди которых метод Д.Н. Федоровского с использованием сосудов емкостью не менее 1000 см³. Это более трудоемкий метод, но им можно определить ВЗ для любых травянистых растений, включая многолетние, и для молодых древесно-кустарниковых растений с последующей экстраполяцией результатов на полноразвитые растения.

Иногда для древесных пород предлагается использовать в качестве показателя признаков угнетения, вызванных засухой, снижение скорости транспирации, которую определяют путем взвешивания, т.е. по убыли массы сосудов с растениями. Влажность почвы, отвечающая моменту прекращения транспирации, соответствует ВЗ (М.А. Репневская, 1969).

8.3.2 Косвенные методы определения ВЗ

Среди косвенных методов наиболее часто используется определение ВЗ по величине максимальной гигроскопической влаги путем умножения ее на коэффициент, величина которого по данным гидрометеослужбы для почв России в среднем составляет 1,34. Некоторые авторы применяют коэффициент 1,5 по Н.А. Качинскому.

Расчет ВЗ по величине максимальной гигроскопичности менее точный по сравнению с биологическим методом.

8.4 Наименьшая (полевая) влагоемкость почвы

Наименьшей влагоемкостью почвы (син.: полевая влагоемкость, предельная полевая влагоемкость) называют количество воды, которое способно удерживаться в почве в состоянии равновесия после максимального увлажнения ее сверху и свободного оттока гравитационной воды. При близком залегания грунтовых вод она соответствует количеству капиллярноподпертой влаги, при отсутствии подпора грунтовых вод – количеству капиллярноподвешенной влаги.

Наименьшая влагоемкость почвы (НВ) отражает водоудерживающую способность почвы, определяет величину влагообеспеченности растений, используется для расчета длительности межполивного периода при орошении.

Наименьшую влагоемкость почвы обычно определяют после определения водопроницаемости почвы методом рам.

Существуют и другие методы определения наименьшей влагоемкости почв. Среди них полевой метод больших заливаемых площадок (площадь от 1,5 м до 3х3 м) при заданной глубине профиля (2 - 3 м) и метод определения наименьшей влагоемкости в почвенном монолите по С.В. Ас-

тапову в лабораторных условиях. Оба метода чрезвычайно трудоемки. Первый – требует большого количества воды (до 3 – 4 м³), а второй, не менее трудоемкий, так как требует взятия почвенного монолита, доставки его в лабораторию, специальной подготовки и определения в нем наименьшей влагоемкости после насыщения почвы водой.

8.4.1 Определение наименьшей влагоемкости почв после определения водопроницаемости методом рамы

Для этого рамы после определения водопроницаемости наполняют водой доверху (без учета), иногда несколько раз, чтобы промочить почву на большую глубину. После это рамы прикрывают пленкой, затем сеном, соломой, слоем около 20 см для предотвращения испарения воды с поверхности, выдерживают до оттока гравитационной воды и установления капиллярного равновесия в промоченной толще. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу, тем больший срок требуется для этого. В практике обычно приняты следующие интервалы: для песчаных и супесчаных почв – сутки, для суглинистых – 2-е суток, для тяжелосуглинистых 3-е суток. После этого рамы или кольца снимают и по центру учетных рам почвенным буром берут пробы для определения наименьшей влагоемкости по слоям 0 - 5, 5 - 10 см и далее каждые 10 см до глубины ниже границы промачивания на 30 см. Одновременно на расстоянии 2 - 4 м от опытных площадок бурят скважины для взятия проб на влажность. Сопоставлением влажности почвы в скважине под рамами и вне ее устанавливают, до какой глубины просочилась вода.

В некоторых случаях при определении водопроницаемости сухой почвы закладывают траншею поперек трех рам, зарисовывают контуры смоченности и определяют влажность почвы по стенке каждой учётной рамы (рис. 18).

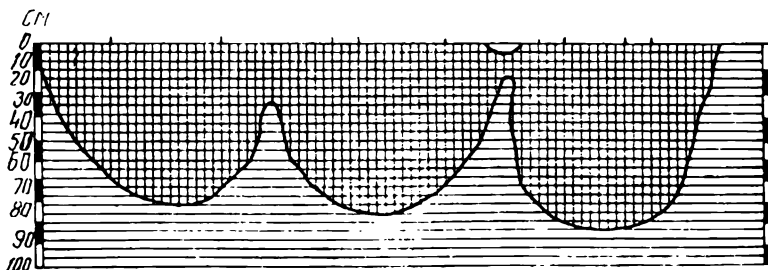


Рис. 18. Профиль смоченности после определения водопроницаемости почвы (светло-каштановой, солонцеватой, тяжелосуглинистой)

8.5 Определение капиллярной, полной и наименьшей влагоемкости в лабораторных условиях

8.5.1 Определение капиллярной влагоемкости

Капиллярной влагоемкостью называется то количество воды, которое удерживает почва в состоянии капиллярного насыщения при подпоре воды снизу. Следует иметь в виду, что величина капиллярной влагоемкости определяется не только свойствами почвы (ее гранулометрическим составом, характером и общим объемом пор), но и методикой работы и, прежде всего высотой почвенного образца, взятого для анализа. При небольшой высоте образца почва удерживает больше воды на единицу массы, чем при более высоком образце.

Капиллярную влагоемкость определяют в образцах ненарушенного сложения. В некоторых случаях можно использовать и насыпные образцы нарушенного сложения.

При взятии образца с ненарушенным сложением используют металлические цилиндры (буры). Высота цилиндра – 10 см, диаметр – около 5 см. Перед взятием образца в металлическую сетку на дно цилиндра кладывают фильтровальную бумагу.

Взвешивают цилиндр с сеткой и фильтром на технических весах.

Снимают сетку и осторожно ввинчивают цилиндр в почву, следя за тем, чтобы он входил строго вертикально.

Одновременно в алюминиевый бокс берут пробу для определения влажности почвы.

Осторожно с боков откапывают цилиндр, прикрывают верхней крышкой, поддерживая ножом или лопаточкой, вынимают цилиндр.

Сняв крышки и одев сетку, цилиндр взвешивают.

Взвешенный цилиндр с пробой переносят в кювету на подставку (стекло), покрытую фильтровальной бумагой, концы которой должны быть опущены в воду, налитую в кюветы. Цилиндр сверху прикрывают стеклом и оставляют стоять на 1 – 2-е суток до капиллярного насыщения.

После этого цилиндр вынимают из кюветы, осторожно вытирают фильтровальной бумагой и взвешивают на технических весах. Для определения насыщения почвы водой взвешивание повторяют 2 - 3 раза до установления постоянной массы, пока не будут получены близкие величины взвешивания.

Величину капиллярной влагоемкости в процентах к сухой почве вычисляют по формуле:

$$W_{kan} = \frac{d - c + a}{c - a - e} \cdot 100,$$

где a - количество воды в образце почвы до насыщения (оно вычисляется по величине влажности почвы);
 b - масса пустого цилиндра с металлической сеткой и кружком фильтровальной бумаги;
 c - масса цилиндра с образцом почвы до насыщения водой;
 d - масса цилиндра с образцом почвы после насыщения.
 Все величины даются в граммах.

При определении капиллярной влагоемкости в насыпных образцах можно использовать как металлические цилиндры, так и стеклянные трубки высотой не менее 10 см и диаметром 3 – 4 см. Дно трубки обвязывается марлей, на которую кладут кружок фильтровальной бумаги. Почва пропускается через сита с отверстиями 3 мм и засыпается в цилиндры или трубки при легком постукивании их о поверхность стола. При использовании металлического цилиндра при необходимости можно задать любую необходимую плотность почвы. Остальная техника определения и расчеты те же, что и при определении капиллярной влагоемкости в образцах ненарушенного сложения.

8.5.2 Определение полной влагоемкости (водовместимости)

Полной влагоемкостью (водовместимостью) называется максимальное количество воды, которое удерживается в почве в состоянии полного насыщения при заполнении всех пор водой. Величина ее в объемных процентах совпадает с общей пористостью почвы. Несовпадение этих величин свидетельствует о наличии в почве заземленного воздуха.

Для определения полной влагоемкости используют тот же образец почвы в цилиндре ненарушенного или нарушенного сложения, который применялся для определения капиллярной влагоемкости.

Цилиндр помещают в глубокий кристаллизатор или в высокий стакан и наливают воду с таким расчетом, чтобы вода достигла уровня почвы в цилиндре. Цилиндр прикрывают стеклом и оставляют на 1 час. За это время вода заполнит все некапиллярные поры в почве.

Через 1 час цилиндр с почвой вынимают. Быстро со стенок вытирают воду. Взвешивают на технических весах.

Для проверки полноты насыщения цилиндр оставляют еще на 20 – 30 мин. в стакане с водой и повторно взвешивают. Опыт продолжается до достижения близких величин взвешивания.

Величину полной влагоёмкости вычисляют в процентах к сухой почве по формуле, приведенной для определения капиллярной влагоёмкости.

При необходимости величину полной влагоёмкости можно получить по величине общей пористости и плотности почвы по формуле:

$$W_n = \frac{P}{d_v}$$

где P - общая пористость;
 d_v - плотность почвы.

8.5.3. Определение наименьшей полевой влагоёмкости почвы

В лабораторных условиях определяют наименьшую влагоёмкость в образцах с ненарушенным и нарушенным сложением.

В первом случае – для определения НВ в поле берут образцы почвы с ненарушенной структурой в металлические цилиндры (буры) объемом 200-500 см³, высотой 10 см. Параллельно в алюминиевые бюксы берут пробы на влажность. На дно цилиндра одевается сетчатая крышка с вложенным в нее фильтром. Цилиндр с почвой взвешивают и, зная влажность почвы, вычисляют массу взятого образца. Затем почву увлажняют сверху до полного насыщения. Поверхность почвы защищают от испарения и ставят в кристаллизатор, заполненный 4-5 сантиметровым слоем сухой почвы, пропущенной через сито с диаметром 1 мм. Оставляют на сутки для стекания гравитационной воды. Взвешивают. Операцию повторяют до установления постоянной массы почвы в цилиндрах.

Для определения наименьшей влагоёмкости почвы можно использовать образцы почвы после определения капиллярной и полной влагоёмкости.

Наименьшая влагоёмкость W_{HB} рассчитывается по формуле

$$W_{HB} = \frac{a \cdot 100}{P_c},$$

где a – масса воды в почве при насыщении ее до НВ,
 P_c – масса абсолютно сухой почвы в цилиндре.

Наименьшую влагоёмкость в образцах нарушенного сложения определяют обычно при постановке модельных и вегетационных опытов. Зна-

ние величины наименьшей влагоемкости почвы в сосудах необходимо в связи с тем, что влажность почвы в сосудах задают в процентах от влагоемкости и в течение опыта поддерживают ее на определенном уровне.

Из воздушно-сухой почвы удаляют крупные корни. Почву слегка разминают, просеивают через сито с отверстиями 3 мм и насыпают в стеклянные трубки диаметром 3-4 см, нижний конец которых обвязывают хлопчатобумажной тканью или марлей с фильтром. Длину трубки берут соответственно высоте сосуда, в котором проводят опыт (10-20 см). Насыпают почву, уплотняя ее мягким постукиванием дна о стол так, чтобы высота столбика почвы оказалась на 1-2 см ниже верхнего ее конца. Все последующие операции и расчет такой же, как и в методе определения наименьшей влагоемкости в образцах с ненарушенным сложением.

9. Влажность почвы

Влажность почвы – это величина, характеризующая содержание влаги в почве. Выражается: а) в процентах от массы сухой почвы (влажность почвы); б) в процентах от объема почвы (объемная влажность); в) от содержания влаги, соответствующего тому или иному виду влагоемкости (относительная влажность); г) запасами воды в т/га, м³/га, в мм водного столба.

9.1 Определение влажности почвы визуальное

Влажность почвы можно определить в поле на ощупь. Для полевых исследований рекомендуется следующая оценка: мокрая почва – при копании почвенного разреза сочится вода; сырая - вода не сочится, но приложенный лист бумаги быстро промокает, а при сжатии в руке почва превращается в тестообразную массу; влажная – кусочки почв требуют незначительного усилия при сжатии, приложенная фильтровальная бумага быстро увлажняется; свежая почва – производит ощущение слегка прохладной массы, воды в капельно-жидком состоянии при этом нет, бумага не промокает; сухая почва – пылит.

9.2. Взятие образцов почвы на влажность и ее определение термостатно-весовым методом

Путем систематических наблюдений за влажностью почвы под разными растениями выявляется потребность их во влаге в отдельные стадии развития, устанавливается продуктивность растений в зависимости от режима влажности почвы, по данным влажности производится оценка раз-

личных агротехнических и мелиоративных мероприятий по накоплению, сохранению и регулированию влаги.

Определяется полевая влажность почвы по слоям или генетическим горизонтам. Образцы почвы берутся из скважин с помощью буров разных конструкций: Деркульского лесничества (Останина), Розанова, геологического, Саратовского (Измайльского), и т. д. или из свежей стенки почвенного разреза (рис. 19).

Скважины для взятия проб на влажность закладываются параллельно одной из стенок разреза на расстоянии, примерно, одного метра от неё с расстояниями между скважинами также около 1 м или на специально выделенной типичной и выровненной по рельефу площадке поля. На полях культурных растений сплошного посева (рожь, пшеница) точки наблюдений размещаются в рядах; на полях пропашных культур, например кукурузы, целесообразно определять влажность почвы под растениями и в междурядьях. В лесном массиве точки для наблюдений закладываются под основными лесными породами между деревьями.

Перед началом бурения около скважин расстилается клеёнка или оберточная бумага, на неё складывают остатки почвы и кладется доска, на которую ставят бур при взятии пробы. Глубина определения влажности почв зависит от объекта и цели исследований.

С поверхности (0 - 5 см) пробы берут с помощью ножа в 3 - или 5 - кратной повторности. До глубины 100 см пробы берутся буром из трех скважин 5 - 10 см и далее каждые 10 см (10 - 20, 20 - 30 см и т.д.). С глубины от 100 до 200 см пробы берут из 2 скважин через 10 см (110 - 120, 130 - 140, 150 - 160 см и т.д.). Глубже 200 см – из одной скважины через 10 см.

Глубина погружения бура в почву определяется по рискам, нанесенным на внешнюю часть бура. Бур должен погружаться строго вертикально. Повернув бур 2 - 3 раза по часовой стрелке, а затем немного против часовой стрелки, его извлекают из почвы, находящуюся в его полости почву (не более 30 - 40 г) помещают в пронумерованные и предварительно взвешенные алюминиевые бюксы, которые быстро закрывают крышкой и ставят в специально изготовленный ящик для бюксов, прикрытый от солнца и сырости мешковиной или брезентом (см. рис. 19). В конце работы скважины должны быть тщательно забиты оставшейся почвой.

В лаборатории во взятых в бюксы образцах определяют влажность почвы термостатно-весовым методом.

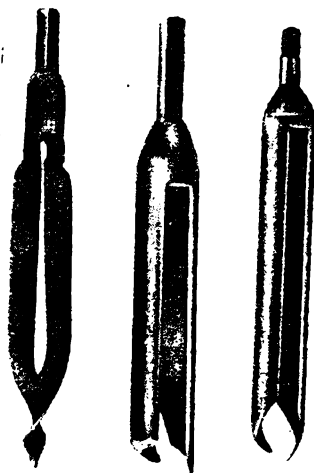


Рис. 19. Рабочие части почвенных буров:

- А – Розанова;
- Б – Саратовского (Измайльского);
- В – Деркульского (Останина).

Бюксы с почвой взвешивают на технических весах (ВЛТК-500 или др.) с точностью до 0,01 г. Затем крышки открывают, надевают их на дно бюксов, и бюксы с почвой помещают в сушильный шкаф (термостат), и высушивают до постоянной массы при температуре 105 °С. Время начала сушки считают от момента установления в сушильном шкафу температуры 100-105 °С. Суглинистые и глинистые почвы сушат в течение 6 часов. Контрольная сушка – 2 часа. Песчаные и супесчаные почвы можно сушить при температуре 150-160 °С за три часа. Контрольная сушка – 2 часа (рис. 20).

После 6 - часовой сушки стаканчики с почвой извлекают из сушильного шкафа, закрывают крышками и охлаждают на воздухе в течение 20 - 30 мин. Когда стаканчики охладятся до комнатной температуры, их взвешивают, затем открывают крышки и помещают в сушильный шкаф для контрольной сушки. Через 2 часа их вновь извлекают из шкафа, охлаждают и взвешивают. Расхождения в массе после повторной сушки не должны превышать 0,05 г.

9.3 Расчет запасов воды в почве

Определенные описанными выше методами значения почвенно-гидрологических констант и полученные обычным путем значения влажности почвы в данный момент дают возможность провести основные подсчеты запасов почвенной влаги, важные в агропроизводственном и агро-мелиоративном отношении.

По данным абсолютной влажности можно рассчитать следующие величины (показатели):

Коэффициент пересчета массы влажной почвы на сухую (K):

$$K = \frac{100}{100 + W} \%,$$

где W - влажность почвы, % от массы.

Влажность почвы в объемных процентах (W_v)

Пересчет производится умножением влажности почвы, выраженной в процентах от массы сухой почвы, на плотность почвы. Это же число выражает запас влаги в миллиметрах водного столба в слое 10 см.

$$W_v = W_{абс.} \cdot d_n \%,$$

где d_n - плотность почвы, г/см³.

Относительную влажность - отношение абсолютной влажности ($W_{абс.}$) к наименьшей (полевой) влагоемкости ($W_{нв}$):

$$W_{отн.} = \frac{W_{абс.}}{W_{нв}} \cdot 100 \%$$

Относительная влажность характеризует насыщенность почвы водой.

Общий запас почвенной влаги (W_n) до глубины h см.

Общий запас воды в мм водного столба или м³ рассчитывают для каждого 10 см слоя, затем суммируют ее для каждого генетического горизонта или по слоям 0 - 50, 50 - 100, 100 - 200 см и т.д. 1 мм водного столба соответствует 10 м³ воды на 1 га.

$$W_h = 0,1 \cdot (W_1 d_1 h_1 + W_2 d_2 h_2 + \dots + W_h d_h h_h),$$

где h – мощность слоя (см), для которого производится расчет.

Дефицит запаса почвенной влаги в толще h см.

Рассчитывается по разности между наименьшей влагоемкостью и влажностью почвы. Этот расчет может быть произведен путем как послойного подсчета дефицита влаги и сложения полученных величин для всей толщи, так и путем отдельных подсчетов запасов влаги для всей толщи при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, и фактической влажности, а затем соответствующего вычитания. Величина дефицита запаса почвенной влаги равна величине рациональной поливной нормы, так как при поливе участка такой поливной нормой и при равномерном ее распределении вода полностью пойдет на смачивание почвенной толщи до влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости, и не должна просачиваться в более глубокие слои.

Диапазон активной (продуктивной) влаги – это наибольшее возможное содержание в почве продуктивной влаги при условии глубокого залегания грунтовых вод. Диапазон активной влаги (ДАВ) можно рассчитывать по разности между наименьшей влагоемкостью и влагой завядания растений.

$W_{\text{ДАВ}} = W_{\text{НВ}} - W_{\text{ВЗ}}$ Выражается в процентах от массы, в мм водного столба или $\text{м}^3/\text{га}$.

Запас продуктивной почвенной влаги (в момент работы) подсчитывается по разности между фактическим запасом почвенной влаги и запасом влаги, соответствующим почвенной влажности завядания растений в определенном слое почвы. В неорошаемых условиях степень обеспеченности растений почвенной влагой определяется в основном величиной запаса продуктивной влаги, с которым и следует сопоставлять состояние растений и скорость накопления растительной массы. Исходя из этой величины следует планировать и агрономические приемы улучшения влагообеспеченности растений.

Влагообеспеченность растений ориентировочно оцениваются по следующей шкале (Бондарев А.Г., 1996).

Запасы продуктивной влаги в слое 0 – 20 см, в мм:

<20 – недостаточная,

20-30 – достаточная,

30-40 – оптимальная,

>40 – избыточная.

Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см, в мм:

<50 – недостаточная,

50-150 – достаточная,

150-200 – оптимальная,

>200 – избыточная.

На практике не всегда наблюдается полная корреляция между содержанием продуктивной влаги в пахотном и верхнем метровом слоях. В связи с тем, что основная масса корней растений находится в пахотном слое, приоритет при характеристике их влагообеспеченности следует отдавать содержанию влаги в пахотном слое.

Данные по запасам влаги выражают в общей таблице водных свойств, а так же графически в виде столбиков или кривых.

10. Энергетическое состояние почвенной влаги (основные понятия и методы изучения)

На влагу в почве воздействуют силы разной природы, ограничивающие ее движение и изменяющие энергетическое состояние. Вододерживающие силы включают адсорбционные силы, возникающие на поверхности раздела жидкая фаза – твердая фаза, менисковые силы, возникающие на поверхности раздела жидкая фаза – почвенный воздух, осмотические силы, обусловленные наличием растворенных веществ.

Энергия удерживания воды в почве измеряется потенциалом влаги. *Потенциалом почвенной влаги* называют работу, затраченную на преодоление вододерживающих сил при извлечении из почвы единицы массы воды. *Общий потенциал почвенной влаги* складывается из потенциала капиллярного, осмотического, адсорбционного и гравитационного.

Передвижение влаги в почве определяется разностью потенциалов между двумя точками, отнесенными к расстоянию между ними и равными

градиенту потенциала. Почвенная влага поступает в растение при условии, что потенциал влаги в корне ниже, чем в почве, но выше, чем в воздухе.

Учет энергетического состояния почвенной влаги позволяет прогнозировать влагообмен в системе почва – растение – атмосфера и в определенной мере управлять им.

Методы определения энергетического состояния почвенной влаги.

Все методы измерения потенциала влаги в почве основаны на том, что при равновесии и постоянстве температуры свободные энергии Гиббса во всех фазах равны между собой. Поэтому при измерении потенциала почвенной влаги необходимо достижение равновесия между двумя контактирующими фазами и соблюдение постоянства температуры.

Полный потенциал влаги измеряют с помощью методов, в которых устанавливается равновесие между свободными энергиями воды и ее парами в окружающем пространстве. К этой группе методов относится психрометрический метод, основанный на сорбции или десорбции паров воды.

Капиллярно-сорбционный (матричный) потенциал измеряется с помощью тензиометров, капилляриметров, мембранных и пластинных прессов по установлению гидравлического равновесия между почвенной влагой и свободной водой датчика тензиометра или капилляриметра.

В мембранных и пластинных прессах потенциал измеряется по установлению гидравлического равновесия между почвенной влагой и свободной водой мембраны или пластины при ступенчатом повышении давления газа над образцом почвы.

О зависимости капиллярно-сорбционного потенциала воды от влажности почвы. В современной физике почв широко используется понятие *основной гидрофизической характеристики почв (ОГХ)*, т.е. зависимости капиллярно-сорбционного потенциала воды от влажности почвы. Эта зависимость, в свою очередь, тесно связана с минералогическим и химическим составом элементарных почвенных частиц, с удельной поверхностью почвы, с ее гранулометрическим, минералогическим и агрегатным составом. Поэтому основную гидрофизическую характеристику почв А.Д. Воронин (1984) справедливо рассматривает как интегральную структурную характеристику почвы.

ОГХ используется для определения распределения пор по размерам и их функций. Выделяют следующие категории пор: инфильтрации, аэрации или легкодренируемые, влагопроводящие, занятые прочносвязанной водой с измененными физическими свойствами.

Установленные А.Д. Ворониным зависимости позволяют определить по кривым водоудерживающей способности интервалы, в которых почва ведет себя как твердообразное, вязкоупругое, хрупкое тело, упруго-вязкое пластичное тело и как вязкопластичное тело, находящееся в текучей консистенции.

Пересечение с кривыми водоудерживания прямых, на которых лежат потенциалы, позволяет определить влажность предела усадки, влажность разрыва капиллярной связи, влажность нижнего предела пластичности, влажность, оптимальную для агрегирования почвы и для ее механической обработки, полевую влагоемкость и влажность верхнего предела пластичности.

Таким образом, определение величины различных компонентов потенциалов почвенной влаги дает возможность охарактеризовать водоудерживающую силу почв, что имеет большое значение для водного питания растений, а также для характеристики структурно-механических свойств почвы.

Рекомендуемая литература

1. Агрофизические методы исследования почв.- М.: Наука, 1966. – 259 с.
2. Бондарев А.Г. О классификации водного режима орошаемых почв. // Ж. Почвоведение. 1996.- № 8. -С. 1017 – 1020.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М., Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Воронин А.Д. Основы физики почв. - М.: МГУ, 1986. – 244 с.
5. Знаменская А.Л., Шишкина Н.Г., Некрасова Л.В. и др. Водные и физические свойства почв. Методические указания для лабораторных работ по курсу «Почвоведение с основами геологии». - М.: 1974. – 29 с.
6. Качинский Н.А. Физика почвы. Часть 1. Высшая школа.- М.: 1965. – 328 с.
7. Качинский Н.А. Физика почвы. Часть 2. Высшая школа. - М.: 1970. – 358 с.
8. Корчагина З.А. Учебное руководство к полевой практике по физике почв. Изд-во Московского университета, 1983. – 83 с.
9. Кузнецова И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв // Ж. Почвоведение. 1979.- № 3, – С. 81 – 88.
10. Растворова О.Г. Физика почв. Практическое руководство. Изд-во Ленинградского университета. 1983. – 193 с.
11. Толковый словарь по почвоведению. М.: Наука, 1975. – 286 с.
12. Шеин Е.В., Архангельская Т.А., Гончаров В.М., Губер А.К. и др. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. - М.: Изд-во Московского университета. 2001. – 199 с.

Оглавление

Введение.....	3
1. Выбор участка для проведения исследований физических свойств почв и взятие образцов для анализа.....	3
2. Гранулометрический состав почвы.....	5
2.1. Определение гранулометрического состава почв в поле (без приборов) по Н.А. Качинскому.....	6
2.2. Методы определения гранулометрического состава почв в лаборатории.....	8
2.2.1. Подготовка почвы к гранулометрическому анализу кислотно-щелочным методом по Н.А. Качинскому	9
2.2.2. Определение содержания фракций методом пипетки.....	10
2.2.3. Расчет результатов гранулометрического анализа почвы по методу Н.А. Качинского.....	13
2.2.4. Подготовка почвы к гранулометрическому анализу методом растирания с пирофосфатом натрия.....	15
2.2.5. Расчет данных гранулометрического анализа пирофосфатным методом	18
2.2.6. Классификация почв по гранулометрическому составу	19
3. Микроагрегатный состав почвы. Коэффициенты структурности и дисперсности почвы	22
4. Плотность и пористость почвы.....	26
4.1 Плотность твердой фазы почвы	26
4.2 Плотность почвы	28
4.3 Общая пористость и пористость аэрации почвы	32
5. Структура почвы	33
5.1. Распределение структурных отдельностей по размерам (сухое просеивание по методу Н.И. Саввинова)	33
5.2 Содержание водопрочных агрегатов (мокрое просеивание по методу Н.И. Саввинова)	38
6. Твердость почвы	41
7. Водопроницаемость почвы	45
7.1 Определение водопроницаемости почвы методом рам	46
7.2 Определние водопроницаемости почвы методом трубок.....	50
8. Формы воды в почве	51
8.1 Гигроскопическая влажность почвы	51
8.2 Максимальная гигроскопическая влажность почвы	52
8.2.1. Определение максимальной гигроскопической влажности по	

методу А.В. Николаева.....	53
8.3. Влажность завядания растений	54
8.3.1. Определение влажности завядания растений биологическим методом (метод проростков)	55
8.3.2. Косвенные методы определения ВЗ	57
8.4. Наименьшая (полевая) влагоемкость почвы	57
8.4.1. Определение наименьшей влагоемкости почв после опреде- ления водопроницаемости методом рам	58
8.5. Определение капиллярной, полной и наименьшей влагоемкости в лабораторных условиях	59
8.5.1. Определение капиллярной влагоемкости	59
8.5.2. Определение полной влагоемкости (водовместимости).....	60
8.5.3. Определение наименьшей полевой влагоемкости почвы.....	61
9. Влажность почвы	62
9.1. Определение влажность почвы визуальное	62
9.2. Взятие образцов почвы на влажность и ее определение термостатно- весовым методом	62
9.3. Расчет запасов воды в почве	66
10. Энергетическое состояние почвенной влаги (основные понятия и методы изучения).....	68
Рекомендуемая литература	71

Учебно - методическое пособие

*Вячеслав Александрович Рожков
Афанасий Григорьевич Бондарев
Инна Васильевна Кузнецова
Хушназар Рахматуллоевич Рахматуллоев*

ФИЗИЧЕСКИЕ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Редактор Н.Д. Благодатова

Оригинал-макет подготовил Х.Р. Рахматуллоев

Верстка И. В. Кузнецовой

По тематическому плану внутривузовских изданий методической литературы
на 2002 год, доп.

ЛР № 020718 от 02.02.1998 г.

ПД № 00326 от 14.02.2000 г.

Подписано к печати 21-11-02

Бумага 80 г/м² "Снегурочка"

Объем 4,75 п.л.

Тираж 250 экз

Формат 60×88/16

Ризография

Заказ № 541

Издательство Московского государственного университета леса.

141005. Мытищи-5. Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.

Телефон: (095) 588-57-62, 588-53-48, 588-54-15. Факс: 588-51-09

e-mail: izdat@mgul.ac.ru