

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
Кафедра почвоведения

И.А.САХАБИЕВ, К.Г. ГИНИЯТУЛЛИН, Р.Г. КАДЫРОВА

**ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ**

Казань – 2022

УДК 631.4
ББК 40.3

*Принято на заседании учебно-методической комиссии ИЭиП К(П)ФУ
Протокол № 3 от 11 мая 2022 года*

Рецензенты:

кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии
и почвоведения ФГБОУ ВО Казанский ГАУ **Л.Г. Гаффарова**;
кандидат биологических наук, доцент
кафедры информационной и техноферной безопасности
Казанского инновационного университета **Л.В. Мельников**

Сахабиев И.А., Гиниятуллин К.Г., Кадырова Р.Г.

Полевые методы исследования физических свойств почв / И.А. Сахабиев, К.Г. Гиниятуллин, Р.Г. Кадырова. Учебно-практическое издание. – Казань: Казан. ун-т, 2022. – 36 с.

Лабораторный практикум по изучению полевых методов исследования физических свойств почв предназначен для студентов, обучающихся по направлению 06.03.02 – «Почвоведение». Он включает предусмотренные рабочей программой дисциплины «Физика почв» занятия, проводимые в период учебной практики. В практикуме изучаются полевые методы определения физических свойств почв, дается краткое описание приборов и оборудования, используемых при определении физических свойств почв, а также справочный материал, необходимый при физических исследованиях почв.

© Казанский университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Тема 1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ	5
1.1. Органолептическое определение гранулометрического состава почв в полевых условиях	5
Тема 2. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТА ПОЧВ	7
2.1. Влажность почвы	7
2.2. Определение влажности почвы методом сушки	7
Тема 3. ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ	10
3.1. Определение водопроницаемости методом заливаемых площадей	10
3.2. Определение водопроницаемости почвы прибором Нестерова (ПВН)	12
3.3. Определение водопроницаемости методом трубок	15
3.3.1. Определение водопроницаемости почвы методом трубок с переменным напором воды	15
3.3.2. Определение водопроницаемости почвы методом трубок с постоянным напором	16
Тема 4. ВЛАГОЕМКОСТЬ ПОЧВЫ	17
4.1. Наименьшая (полевая) влагоемкость почвы	18
4.2. Нахождение общей влагоемкости расчетным методом	19
4.3. Использование данных общей влагоемкости	19
4.4. Капиллярная влагоемкость	20
4.4.1. Полевой метод определения капиллярной влагоемкости почвы	20
4.5. Полная влагоемкость (водовместимость) почвы	21
Тема 5. ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ	22
5.1. Песчаный метод определения плотности почвы	25
5.2. Использование данных плотности почвы	27
5.3. Определение твердости почв твердомером Н.А. Качинского	28
5.3.1. Определение твердости (сопротивления пенетрации) с помощью ручного стрелочного пенетromетра Eijkelkamp	32
ЛИТЕРАТУРА	35

ВВЕДЕНИЕ

Физика почв – это область почвоведения, изучающая физические свойства почв и протекающие в них физические процессы. Для правильного понимания развития физических процессов, происходящих в почвах при изучении физических свойств необходимо сочетать полевые и лабораторные методы исследования. В лабораторных условиях, как правило, определяются гранулометрический и микроагрегатный составы почвы, структурно-агрегатный состав, плотность твердой фазы, физико-механические свойства, гигроскопичность почв и некоторые другие свойства, а в полевых - плотность сложения почвы, водно-воздушные свойства, твердость почвы, тепловые свойства почв и др.

Агрофизическая характеристика почв является важной составной частью теоретического обоснования всех основных приемов земледелия и сельскохозяйственной мелиорации почв, так как основной задачей последних является в первую очередь улучшение состояния физических условий в почвах, приведение их в соответствие с потребностями культурных растений. Значительную часть агрофизических характеристик почв можно определить в полевых условиях.

Установлено, что соотношение между твердой и жидкой частями почвы влияет на ее газообмен с атмосферой и прежде всего на аэрацию почвы; влияет на аккумуляцию и распространение теплоты в почве. Взаимодействие твердой и жидкой частей почвы обуславливает механические и реологические свойства почв, тесно связанные с технологическими операциями по их обработке. Экологическая и технологическая оценка физического состояния почв лежит в основе разработки современных зональных систем их обработки и ухода за посевами.

Тема 1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Относительное содержание различных фракций элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) в почве определяет ее гранулометрический состав (соотношение в ней песчаных и глинистых фракций). Гранулометрический состав почв (ГМС) является фундаментальной характеристикой, от которой зависят большинство физико-химических свойств почв. В зависимости от количественного состава различных по размерам фракций меняется не только минералогический состав почвы, но и ее химические и физические особенности. От того в какой степени в почве представлены частицы различного размера, будут зависеть все фундаментальные свойства почв, их поведение в отношении поглощения и проведения вещества и энергии, их трансформация, т.е. все основные процессы, которые определяют облик, свойства, внутреннюю жизнь почвы и ее функции в биосфере. Гранулометрический состав определяет многие физические свойства почв: плотность, порозность, водопроницаемость, фильтрацию, влагоемкость и пр. К примеру, песчаные почвы, состоящие преимущественно из крупных частиц, хорошо фильтруют воду, однако плохо ее удерживают. Питательных веществ в них также не много. Глинистые почвы, напротив, удерживают большое количество поступившей в них влаги, питательные вещества, но пропускают их через себя крайне медленно. Помимо этого, гранулометрический состав почв важен при определении таксономического положения и классификационной принадлежности почв.

1.1. Органолептическое определение гранулометрического состава почв в полевых условиях

В полевых условиях для приблизительного определения гранулометрического состава почвенного материала минеральных горизонтов используется общепринятый при морфологическом описании разрезов тест, ориентированный на оценку пластичности мелкозема. Для оценки пластичности берут 3–4 г исходного почвенного материала, при необходимости увлажняют до состояния густой пасты. Хорошо перемешанный почвенный материал раскатывают на ладони в шнур толщиной около 3 мм и затем сворачивают его в кольцо диамет-

ром приблизительно 3 см. В зависимости от гранулометрического состава, определяющего пластичность почвенного материала в состоянии пасты, полученный шнур может принимать различный вид (табл. 1).

Таблица 1

Морфология образцов почв при испытании

Гранулометрический состав	Поведение почвенной пасты	Гранулометрический состав	Поведение почвенной пасты
ПЕСОК	 непластичный материал: скатать шарик или шнур не удается	СРЕДНИЙ СУГЛИНОК	 среднепластичный материал: скатывается в шнур толщиной в 2-3 мм, который ломается при сгибании
СУПЕСЬ	 очень слабопластичный материал: скатывается в непрочный шарик, не скатывается в шнур, образуются фрагменты шнура	ТЯЖЕЛЫЙ СУГЛИНОК	 очень пластичный материал: скатывается в тонкий (менее 2 мм) шнур, который трескается при сгибании его в кольцо
ЛЕГКИЙ СУГЛИНОК	 слабопластичный материал: скатывается в короткие толстые цилиндрики, которые трескаются при сгибании	ГЛИНА	 высокопластичный материал: скатывается в тонкий (диаметр менее 2 мм) шнур, который сгибается в кольцо диаметром без нарушения сплошности

Органолептическая градация оценки гранулометрического состава почв позволяет приблизительно оценить (табл. 2) соотношение в нем фракций физической глины ($< 0,01$ мм) и физического песка ($> 0,01$ мм).

Разделение почв по гранулометрическому составу

Гранулометрический состав	Содержание частиц (< 0,01 мм), %	Гранулометрический состав	Содержание частиц (< 0,01 мм), %
Глина	80-50	Легкий суглинок	20-30
Тяжелый суглинок	40-50	Супесь	10-20
Средний суглинок	30-40	Песок	10-0

Тема 2. ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТА ПОЧВ

Значительная часть водно-физических свойств почв определяется в полевых условиях, поскольку их оценка в ненарушенных почвах является ценным для изучения транспорта воды в пределах почв, а также влияния влажности на состояние растительного покрова. К таким свойствам относятся влажность, водопроницаемость, влагоемкость, которые относятся к различным формам воды в почвах.

2.1. Влажность почвы

Недостаток влаги в почве, так же, как и избыток ее, может сильно снижать урожай сельскохозяйственных культур. Путем систематических наблюдений за влажностью почвы под разными растениями выявляется потребность их во влаге в отдельные стадии развития, устанавливается зависимость продуктивности растений от режима влажности почвы. Кроме того, оценка различных агротехнических и мелиоративных мероприятий по накоплению, сохранению и регулированию влаги производится также по данным влажности.

2.2. Определение влажности почвы методом сушки

Термическая сушка - наиболее распространенный метод определения влажности почвы. В нем потеря массы почвы при просушивании в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С принимается за количество воды во взятой навеске. Песчаную почву просушивают 3-4 ч. При высокой влажности в глинистых почвах время сушки продлевается до 10 ч.

При определении абсолютной (полевой) влажности навеска почвы не должна, превышать 30-40 г, точность взвешивания 0,01 г. При навесках почвы менее 5 г взвешивание следует проводить на аналитических весах.

Ход работы. В полевых условиях с помощью бура с нужной глубины извлекается проба. Есть несколько конструкций буров для выемки почвенных проб на определение влажности (рис.1.).

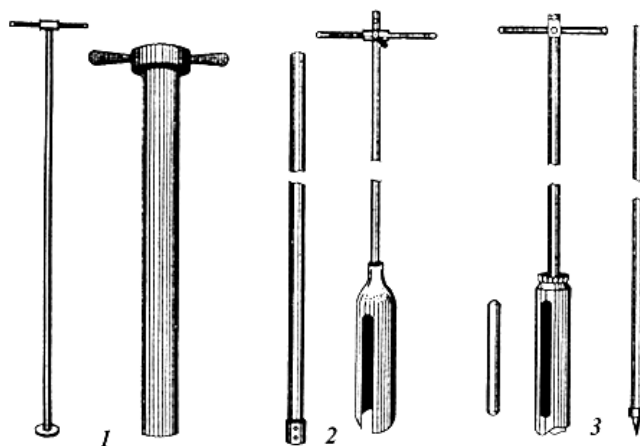


Рис. 1. Буры для взятия проб почвы на влажность:

1-Качинского; 2-Измаильского; 3-Некрасова

Почвенные буры могут иметь различные режущие части (рис.2.). Почвенные пробы (30-40 г) помещаются в стаканчики, заранее доведенные до постоянной массы. Стаканчики быстро закрывают крышками, упаковывают в полиэтиленовые пакеты и доставляют в лабораторию. Образцы почвы на влажность можно брать из открытых разрезов, очищая стенку разреза перед взятием проб на 4-5 см. Контроль взятия образцов в пахотном слое пятикратный, глубже одного метра - трехкратный.

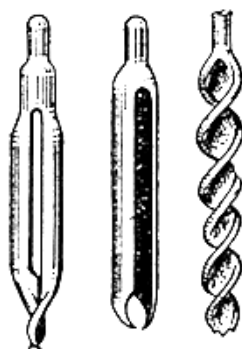


Рис. 2. Рабочая часть бура для взятия образцов почв и грунтов

Взвешивание почвенных проб проводят в 1-й день. Далее почвенные пробы помещают в термостат на 4-10 час в зависимости от ГМС и влажности, установив температуру 100-105°C. Время дальнейшей сушки сокращают от 1-5 ч и 0,5-2,5 ч; сушку и контрольные взвешивания продолжают до получения постоянной массы.

Вычисления абсолютной влажности (W , %) проводят по формуле:

$$W\% = \frac{a}{p_c} \cdot 100 \quad (1)$$

где W - процентное содержание влаги; a - количество воды в образце, определенное тем или иным методом; p_c - масса абсолютно сухой почвы.

Общее содержание влаги в почве называют абсолютной влажностью. Вычисление массы абсолютно сухой почвы p_c , при известной влажности (W ,%) производят по формуле:

$$p_c = \frac{100 \cdot p_B}{100 + W} \quad (2)$$

где p_B - навеска влажной почвы.

Также влажность часто вычисляют в процентах к объему почвы

$$W_v = W \cdot d_v \quad (3)$$

где W_v - влажность в процентах от объема почвы; d_v плотность сложения почвы; W - влажность в процентах от массы почвы.

В связи с тем, что выпадающие осадки измеряются в миллиметрах водного столба, целесообразно запасы влаги в почве выражать в этих же единицах.

Вычисление производят по формуле

$$W_{\text{мм}} = \frac{W \cdot h \cdot d_v \cdot 10}{100} \quad (4)$$

где $W_{\text{мм}}$ - влажность в мм в слое почвы толщиной h см; остальные обозначения те же, что и в предыдущих расчетах; множитель 10 - перевод см в мм.

Запасы воды в исследуемой толще почвы в практике выражают в тоннах или кубометрах на 1 га (W , м³) путем умножения величины влажности ($W_{\text{мм}}$) на коэффициент 10.

Часто применяют термин "относительная влажность". Относительная

влажность - это отношение содержания влаги в данный момент к количеству воды, насыщающей почву до ее общей влагоемкости. Если в данный момент влажность почвы - $W\%$, общая влагоемкость - $ОВ\%$, то относительная влажность - $W_{отн}\%$ равняется:

$$W_{отн} \% = \frac{W\% \cdot 100}{ОВ\%} \quad (5)$$

Тема 3. ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ

Водопроницаемость – это способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. Она измеряется высотой столба жидкости, проходящей через почву за единицу времени. Способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду зависит от ее гранулометрического состава, химических свойств, сложения, структуры, содержания гумуса, состояния угодья, полезанимающей культуры, влажности и длительности увлажнения. Водопроницаемость почв сильно ухудшается при разрушении в почвах структуры и утяжелении гранулометрического состава.

Водопроницаемость представлена двумя стадиями: впитыванием и фильтрацией. При поступлении в ненасыщенную почву вода сперва впитывается и передвигается в вертикальном и горизонтальном направлениях под влиянием сил гравитации, градиентов сорбционных и менисковых сил, а также гидростатического напора. Этот процесс характеризуется скоростью впитывания. Прохождение воды через насыщенные водой (до полной влагоемкости) слои почв под влиянием сил гравитации и градиента напора называется фильтрацией и характеризуется скоростью фильтрации.

3.1. Определение водопроницаемости методом заливаемых площадей

Чаще всего употребляют металлические круглые кольца или деревянные квадратные рамы. В любом случае необходимы две рамы: большая - внешняя (50:50 см) и малая - внутренняя (25:25 см), их высота должна быть 20-22 см (рис.3.).

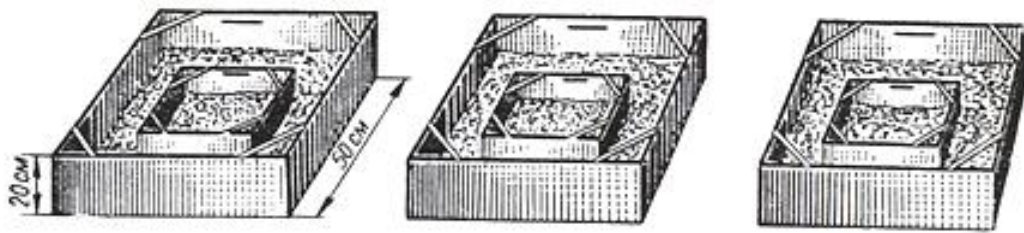


Рис. 3. Определение водопроницаемости методом квадратов

Рамы устанавливают на выровненный участок почвы и заглубляют нижней частью на 8-10 см. При установке внутреннюю раму центрируют по внешней раме. В каждой раме устанавливают водомерную линейку, по которой отмечают уровень воды, и термометры для учета температуры воды.

Учетная и защитная рамы заливаются из ведер водой одновременно, пока уровень ее не достигнет 5 см. С этого момента воду учитывают и подливают в рамы мерными цилиндрами для поддержания постоянного уровня. Расход воды учитывают по внутренней раме в следующих интервалах времени: в первый час - за каждые 10 мин (6 отсчетов), во второй и третий часы - за каждые 30 мин (4 отсчета) и далее за каждый последующий час.

При определении водопроницаемости, особенно в жаркое время, проводят учет потери воды через испарение. Для этих целей рядом с рамами ставят стакан или широкий цилиндр, доверху наполненный водой. Каждый час и в конце работы измеряют количество испарившейся воды в стакане и рассчитывают испарение в мм водного столба на единицу поверхности.

Водопроницаемость вычисляют для каждого интервала времени наблюдений по формуле Дарси

$$K_t = \frac{Q \cdot 10}{S \cdot T} \quad (6)$$

где K_t - водопроницаемость, мм/мин при данной температуре; Q - количество просачивающейся воды, см³; 10 - пересчет см³ в мм вод.ст.; S - площадь рамы, см²; T - время, мин.

Полученный коэффициент водопроницаемости при данной температуре приводят к температуре 10 °С по формуле Хазена:

$$K_{10} = \frac{K_t}{0,7 + 0,03 \cdot t} \quad (7)$$

где K_{10} - коэффициент водопроницаемости, приведенный к температуре 10 °С; K_t - коэффициент водопроницаемости при данной температуре (t °С); t - температура используемой воды.

Для расчета коэффициента истинной скорости движения воды ($K_{\text{ИСТ}}$) используют формулу:

$$K_{\text{ИСТ}} = \frac{Q}{S \cdot p \cdot J} \quad (8)$$

где p - коэффициент пористости в долях единицы; S и Q - прежние значения; J - гидравлический градиент, который можно найти как отношение H/l , где H - разность гидростатического напора на верхнем и нижнем концах фильтрующей колонки (потеря напора); l - длина пути фильтрации, см.

3.2. Определение водопроницаемости почвы прибором Нестерова (ПВН)

Прибор ПВН (рис.4) состоит из двух герметично закрывающихся бачков, двух цилиндрической формы рам и штатива. Рамы изготовляются из листового полукотельного железа: малые квадратные (учетные) размером 25x25x25 см, большие квадратные (защитные) 50x50x25 см; круглые (учетные) диаметром 22,6 см, высотой 15 см, а защитные цилиндры диаметром около 45 см, высотой 15 см. Они имеют площадь 400 см² (учетные) и 1600 см² (защитные).

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.

Бачки, объемом 6 л каждый, служат для автоматической подачи воды в рамы. На внутренней малой раме нанесены деления от 0 до 10 для контроля уровня воды при работе. Цилиндрические рамы устанавливают на подготовленной для определения водопроницаемости площадке. Врезав рамы в почву на глубину 5-10 см, приступают к определению водопроницаемости. Одновременно в обе рамы из ведер наливают воду до уровня напора в 5 см. На штативе помещают бачки, заполненные водой. Конец воздушных трубок должен быть на уровне поверхности воды, а водоспускных - на 2 - 3 см ниже. Открывают кра-

ники водоспускных трубок и ведут наблюдения за расходом воды по водомерной шкале, учитывая его через определенные интервалы времени. Расчет водопроницаемости проводится по формуле, приведенной в методе заливаемых площадей.

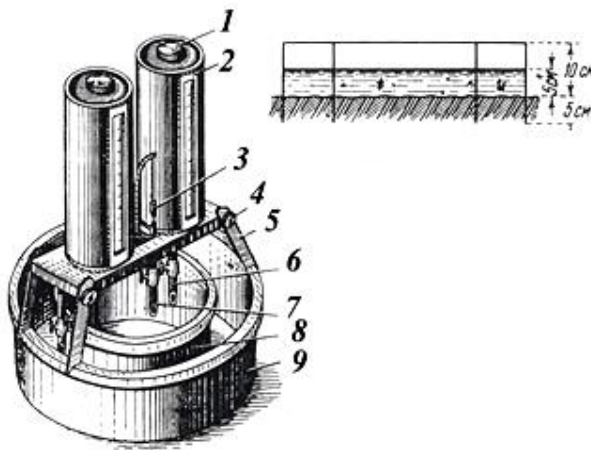


Рис. 4. Прибор ПВН для определения полевой водопроницаемости, по Нестереву: 1-пробка; 2-шкала для учета расхода воды; 3-отвес; 4-гайка для закрепления ножек; 5-ножки штатива подставки; 6-трубка для подачи в бачок воздуха; 7-трубка для подачи воды в цилиндр; 8-учетный цилиндр; 9-защитный цилиндр

М.И. Блинов для поддержания постоянного уровня воды в цилиндре вместо сосудов Мариотта применил поплавковое устройство (рис.5.), состоящее из латунной трубки (а) диаметром 1,5-2,0 см и высотой 15 см, заостренной снизу. К нижней части этой трубки одной стороной наглухо прикреплен тройник (б), вторая сторона которого присоединена к микровинту. К нижнему отростку тройника с помощью шарнира прикреплен рычаг (в) длиной до 30 см. К рычагу под трубкой винтом прикрепляется металлическая шайба (д) диаметром 2 см и мягкая резиновая прокладка (к), составляющая вместе с шайбой клапан. На свободном конце рычага прикрепляется пустотелый металлический цилиндр-поплавок (е) высотой 3 см, диаметром 20 см. Поплавок свободно передвигается по рычагу и в нужном месте закрепляется винтом (е). Все поплавковое приспособление помещается во втулке (ж), перемещается вверх и вниз с помощью микрометрического винта (и). Поплавок привинчивается винтом втулки (з) к внутренней стен-

ке цилиндра, врезанного в почву. Трубка (*a*) с поплавком закрепляется на заданной высоте винтом (*л*) и соединяется шлангом с водомерным бачком. Поплавок, поднимаясь и опускаясь в соответствии с изменением уровня воды в цилиндре, закрывает и открывает клапан водомерного бачка и таким образом поддерживает уровень воды в цилиндре на постоянном уровне.

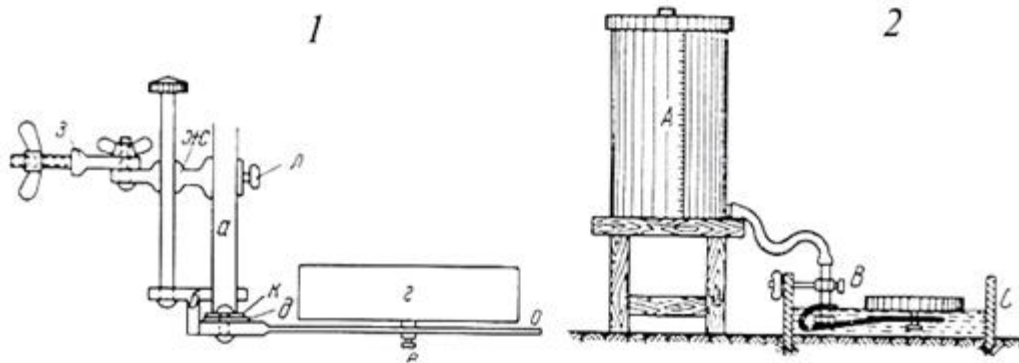


Рис. 5. Прибор Блинова для определения водопроницаемости: 1-прибор, поддерживающий постоянный уровень воды в цилиндре: *a*-трубка, *б*-тройник, *в*-рычаг, *г*-поплавок, *ж*-штулка, *з*-винт штулки, *и*-микрометрический винт, *к*-прокладка, *л*-винт закрепляющий поплавок; 2-общий вид прибора: *A*-водомерный бак, *B*-прибор, поддерживающий постоянный уровень в цилиндре, *C*-цилиндр в разрезе.

Наблюдения за водопроницаемостью ведут до наступления более или менее постоянной скорости впитывания (для легких почв 1-2 час, а для тяжелых 2-3 час).

При определении водопроницаемости на пашне следует использовать рамы высотой 30-35 см и врезать их на всю глубину разрыхленного слоя. После окончания опыта иногда проводят определение глубины промачивания. Для этого рамы или кольца снимают и по центру учетных рам (колец) почвенным буром берут пробы для определения влажности. В это же время в другом месте, на расстоянии 2-4 м от опытных площадок, бурят скважины для взятия проб на влажность. Сопоставляя влажность почвы в скважине под рамами и вне их, устанавливают, до какой глубины просочилась вода.

3.3. Определение водопроницаемости методом трубок

Этот метод по сравнению с другими менее трудоемок. Он позволяет проводить изучение водопроницаемости по генетическим горизонтам. Водопроницаемость почвы методом трубок изучают с переменным и постоянным напором воды.

3.3.1. Определение водопроницаемости почвы методом трубок с переменным напором воды

Берут металлические трубки диаметром 5-6 см и длиной 13 см и заостренным концом погружают их в почву на 3 см. На каждый генетический горизонт устанавливают по 5-10 трубок, в шахматном порядке (рис. 6.).

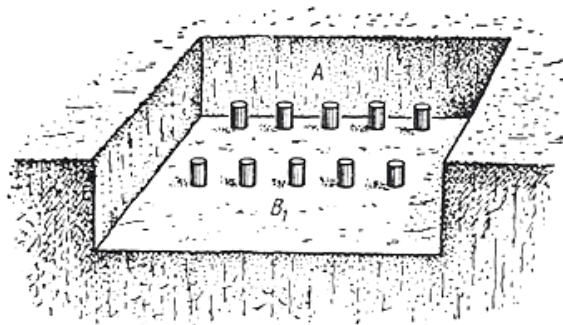


Рис. 6. Определение водопроницаемости почв методом трубок по Качинскому

Мерным цилиндром наливают в них воду по 500 см^3 и фиксируют время. Одновременно с установкой трубок рядом с ними ставят два стакана, заполненные водой, для учета испарения воды.

Проводят замер температуры воды. При длительном сроке наблюдений температуру замеряют несколько раз, а для расчета берут среднее ее значение. Проводят наблюдение за полным просачиванием воды в трубках. В этот момент фиксируют время. При хорошей водопроницаемости, особенно с поверхности почвы, иногда проводят трёхкратное наполнение трубок, что позволяет получить представление об изменении водопроницаемости во времени.

Выражают водопроницаемость почвы в мм вод.ст., проходящего через единицу площади в единицу времени, и рассчитывают по формуле:

$$K_t = \frac{h}{T} \quad (9),$$

где K_t - водопроницаемость при данной температуре, мм вод.ст.; h - высота столба просочившейся воды, см (мм); T - время, мин (час). Затем водопроницаемость почвы приводят к температуре 10°C. Вычисление K_T по данному методу можно проводить так же по формуле Дарси (6).

Водопроницаемость отдельных горизонтов можно представить в виде столбиков, расположив их сверху вниз приняв поверхность почвы за ноль или фигурками по профилю почвы (рис. 7.).

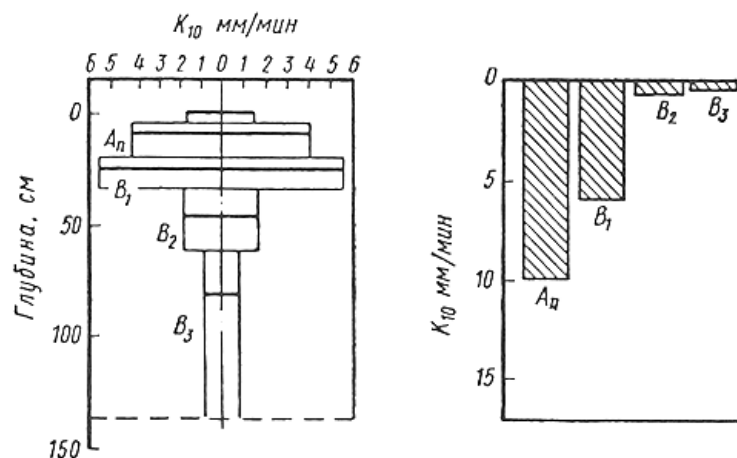


Рис. 7. Водопроницаемость почвы в мм/мин (K_{10}), по методу трубок с переменным напором (по Качинскому)

3.3.2. Определение водопроницаемости почвы методом трубок с постоянным напором

По этому методу используют специальные трубки позволяющие поддерживать постоянный напор воды по принципу Мариотта. Трубки расставляют на подготовленной площадке размером 1:1 м того или иного генетического горизонта, заглубляют на несколько сантиметров и уплотняют вокруг них почву. Устанавливают приспособление на требуемый напор воды. Отвернув винт редукционного клапана, заливают в трубку воду до верхней отметки по объему или высоте. Завернув до отказа винт клапана трубки, замечают и записывают время начала наблюдений. Так поочередно заполняют нужное количество трубок и ведут наблюдения за количеством просочившейся воды в определенный

интервал времени. Просочившуюся воду восполняют, но перед этим записывают точный объем или высоту оставшейся воды.

Водопроницаемость рассчитывают в мм вод.ст. за единицу времени и приводят к температуре 10°C (как по методу трубок, если учет велся по высоте столба воды или как по методу заливаемых площадей в случае учета просочившейся воды по объему).

Д.Г. Виленский характеризует почвы по скорости (коэффициенту) впитывания воды, выражая ее в мм/час (табл. 3).

Таблица 3

Оценка водопроницаемости почв по скорости впитывания воды в мм/час

Скорость (коэффициент) впитывания	Оценка
> 150	хорошо водопроницаемая
150 - 50	средне водопроницаемая
< 50	слабо водопроницаемая

Тема 4. ВЛАГОЕМКОСТЬ ПОЧВЫ

Способность почвы удерживать в себе определенное количество воды называется влагоемкостью. Величина влагоемкости зависит от степени гумусированности, оструктуренности, гранулометрического состава и т.д. Известно, что глинистая почва с высоким содержанием гумуса обладает большей влагоемкостью, чем почва, имеющая с легки гранулометрическим составом и незначительным количеством гумуса.

Для определения влагоемкости почвы отбирается образец почвы в естественном сложении при помощи специальных приспособлений - буров, либо проводится работа с монолитам. Однако в отдельных случаях влагоемкость определяется и в образцах почвы с нарушенной структурой. В полевых условиях обычно определяют общую или наименьшую (ОВ), капиллярную (КВ) и полную (ПВ) влагоемкость, которые подразделяются по степени насыщенности почвы водой.

4.1. Наименьшая (полевая) влагоемкость почвы

Наименьшая (полевая, общая) влагоемкость почвы - это количество воды, которое способно удерживаться в почве в состоянии равновесия после максимального увлажнения ее сверху и стока гравитационной воды. То есть это наибольшее количество подвешенной влаги, которое может быть удержано в однородной почвенно-грунтовой толще против действия силы тяжести.

При наименьшей влагоемкости в почве содержится максимально возможное количество прочно связанной и рыхловязанной влаги, а в структурных почвах в наименьшую влагоемкость входит еще максимально возможное количество капиллярной подвешенной внутриагрегатной влаги. Наименьшая влагоемкость зависит от гранулометрического состава, сложения и структурности почв. Если максимальную гигроскопичность и влажность завядания мы не можем практически изменить с помощью агротехники, то наименьшая влагоемкость может быть увеличена путем рыхления или оструктуривания, что увеличивает и диапазон активной влаги.

Влагоемкость наименьшая, соответствующая воде капиллярно подвешенной, обычно определяется после изучения водопроницаемости методом заливаемых площадей. Через определенное время берутся пробы на влажность по генетическим горизонтам. Пробы начинают отбирать с таким расчетом, чтобы вся свободная (гравитационная) вода стекла. Отбор проб производится или с помощью специальных буров, или с помощью ножа после предварительной закладки разреза. Первая проба на влажность, по которой судят об общей влагоемкости, берется в тяжелых по механическому составу почвах на 2 - 3 сутки, вторая - на 3-4 и третья - на 4-5 сутки, а в легких почвах соответственно - на 1-2 сутки, 2-3 сутки и 3-4 сутки. Близкие результаты по влажности принимают за общую влагоемкость. Вычисление проводится по следующей формуле:

$$W\% = \frac{a \cdot 100}{b} \quad (10)$$

где a - убыль массы почвы при просушке в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С, b - масса абсолютно сухой почвы.

4.2. Нахождение общей влагоемкости расчетным методом

Н.Г. Иовенко установил переводные коэффициенты нахождения общей влагоемкости по капиллярной влагоемкости. Автор приводит следующие коэффициенты: для торфяных горизонтов болотных почв - 0,8 - 0,9; для песчаных подзолистых - 0,3 - 0,4; для глинисто-песчаных подзолистых - 0,50; для светло-серых оподзоленных - 0,60; черноземов легкосуглинистых - 0,70; для среднесуглинистых - 0,75; для тяжелосуглинистых - 0,80; для глинистых - 0,85 - 0,90.

4.3. Использование данных общей влагоемкости

По результатам определения общей влагоемкости почв можно дать их качественную оценку (табл. 4). Рядом авторов установлено, что влажность в пределах от максимальной молекулярной влагоемкости до общей (не выше) является оптимальной для механической обработки почвы, а при последней влагоемкости (влажность) - оптимальной по доступности влаги для большинства растений.

Таблица 4

Качественная оценка почв по общей влагоемкости

Тяжелые по ГМС почвы		Легкие почвы по ГМС
Влагоемкость в % от массы сухой почвы	оценка	
40-50	наилучшая	культурная песчаная почва в пахотном слое имеет влагоемкость 20-25 %
30-40	хорошая	
25-30	удовлетворительная	для полевой культуры пригодны пески с влагоемкостью не менее 10%
< 25	неудовлетворительная	для лесных культур пригодны пески с влагоемкостью не менее 3-5%

Использование общей влагоемкости в мелиоративной практике. Общая влагоемкость необходима при установлении поливной нормы воды (М). Для этих целей определяют запас влаги в заданной толще почвы по влажности и плотности сложения (W , м³/га) и величину запаса влаги при общей влагоемкости (ОВ, м³/га).

Поливная норма $M=OB-W$ ($m^3/га$). Промывная норма засоленных почв $Mп=OB-W+п \cdot OB$, где $п$ - коэффициент, зависящий от засоления почвы и ряда других ее свойств.

4.4. Капиллярная влагоемкость

Капиллярная влагоемкость - это наибольшее количество капиллярно-подпертой воды, которое может удерживаться в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы. Она зависит от гранулометрического состава, степени гумусированности и оструктуренности почв и т.д.

4.4.1. Полевой метод определения капиллярной влагоемкости почвы

При полевом определении капиллярной влагоемкости почв используются образцы ненарушенного строения, поскольку в них сохраняется естественная сеть капилляров. По генетическим горизонтам с помощью специального бура забиваются в почву металлические полые цилиндры с открытым верхом и дном. Цилиндры имеют объем от 200 до 500 $см^3$, повторность определений должна быть 3-5-кратной. Затем цилиндры извлекают, очищают, с двух сторон подрезают почву в плоскости, закрывают крышками, заворачивают в бумагу, указывают информацию о почвенном образце на этикетке и помещают в полиэтиленовый пакет, затем доставляют в лабораторию. В лабораторных условиях нижнюю часть цилиндра покрывают сеткой или завязывают марлей и взвешивают. Взвешивание проводят для дальнейшего определения абсолютной влажности в почве.

Подготовленный цилиндр с почвой ставят на капиллярное насыщение. Для этого необходимо взять ванну и покрыть ее решеткой (рамкой) из металлических полосок или дерева, нарезать ленты из фильтровальной бумаги и положить их таким образом, чтобы концы ленточек касались дна сосуда. В сосуд (ванну) налить воды на $3/4$ объема, решетку покрыть фильтровальной бумагой в 2-3 слоя, поверх которой поставить цилиндры с почвой на насыщение. В зависимости от комплекса свойств почв насыщение может длиться до 7-10 суток.

Спустя 7 суток производится первое взвешивание цилиндров с почвой после насыщения, затем цилиндр с почвой оставляется еще на несколько дней и вновь взвешивается (насыщение и взвешивание проводит до получения близких результатов). Если в задачу исследования не входит определение полной влагоемкости, то цилиндры с почвой после капиллярного насыщения следует поместить в термостат и выдержать в нем до абсолютно сухого состояния (проводят 2 - 3-х разовое взвешивание с интервалами сушки от 10-7 до 5- 4 часов при 105 °С).

Вычисление капиллярной влагоемкости (КВ, %) производится по формуле:

$$КВ = \frac{100 \cdot (P - B) \cdot K}{B - C} \quad (11)$$

где P - масса цилиндра с почвой после капиллярного насыщения, г; B - масса цилиндра с почвой после высушивания, г; C - масса пустого цилиндра, г; K - коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву, который можно найти по формуле (12), в которой W% является влажностью почвы.

$$K = \frac{100}{100 - W\%} \quad (12)$$

Обычно после капиллярного насыщения цилиндры с почвой оставляют для определения полной влагоемкости.

4.5. Полная влагоемкость (водовместимость) почвы

Полная влагоемкость (ПВ) – это наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии заполнения всех пор и промежутков водой. Величина ее зависит от многих факторов (минералогического состава, химического, гранулометрического состава, гумусированности, оструктуренности и т.д.).

Полевой метод определения полной влагоемкости сводится к моделированию ситуации, при которой все почвенные поры почв в естественном сложении заполняются водой. В поле специальным буром берутся образцы почвы ненарушенного сложения в полые цилиндры с открытым верхом и дном. Опреде-

ляется, как правило, первоначально капиллярная, а затем полная влагоемкость. После взятия образцов почвы в лаборатории нижняя часть цилиндра закрывается сетчатым дном или завязывается марлей, цилиндр взвешивают и ставят на насыщение. Для этого необходимо взять ванну, как указано в разделе по определению капиллярной влагоемкости, залить в нее воду до одной трети объема ванны. Цилиндр с почвой следует поместить в ванну с водой и довести уровень воды в ванне приблизительно до половины уровня почвы в цилиндре. Прикрывают цилиндр сверху стеклом. Образцы различных типов почв и различных их горизонтов требуют различного времени для полного насыщения; оно колеблется от 1 до 3 дней.

Спустя сутки цилиндр с почвой следует осторожно (без толчков) вынуть из воды, поставить на две - три минуты для ее стекания воды, не удерживаемой почвой. Затем необходимо осторожно вытереть цилиндр снаружи и взвесить, насыщение повторяется до получения близких по результатам взвешивания.

После насыщения цилиндр с почвой помещают в термостат, установив температуру. 100-105°C. Сушку проводят до получения постоянной массы. Вычисление полной влагоемкости ведется по такой же формуле, как и при определении капиллярной влагоемкости (11), но здесь P - вес цилиндра с почвой после полного насыщения, г.

Тема 5. ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ

Плотностью почвы (синонимы плотность сложения сухой почвы, объемная масса) называется отношение массы абсолютно сухой почвы ненарушенного сложения к единице объема. Размерность г/см³, т/м³ и тд. Плотность почвы - одна из важнейших физических характеристик, сказывающихся на водном, воздушном, тепловом режимах. Это очень динамичная и вместе с тем информативная величина, так как дает представление о соотношении твердой части и пустот в почве. Ее широко используют как при исследованиях, так и для решения целого ряда практических задач: вычисления порозности, массы почвенных горизонтов, запасов воды, питательных веществ, гумуса, микроэлементов, норм

полива при орошении и др. Плотность почвы зависит от гранулометрического состава, ее водопрочности, характера порового пространства и тд.

Определения плотности пахотного слоя почвы следует проводить подробно по всей его глубине – с поверхности, с 10 и 20 см. Образцы берутся с каждой глубины в пятикратной повторности. Учитывая динамичность показателя во времени, плотность почв следует определять несколько раз за вегетационный период.

Для определения плотности сложения сухой почвы необходимо иметь образцы в естественном сложении. Взятие таких образцов производится при помощи буров различных конструкций. Наиболее широкое распространение получил бур Н.А. Качинского, патрон которого имеет диаметр несколько больший, чем высота, что способствует меньшей деформации образцов при взятии. Бур Качинского состоит из стакана с втулкой и набора металлических цилиндров с крышками (рис. 8.)

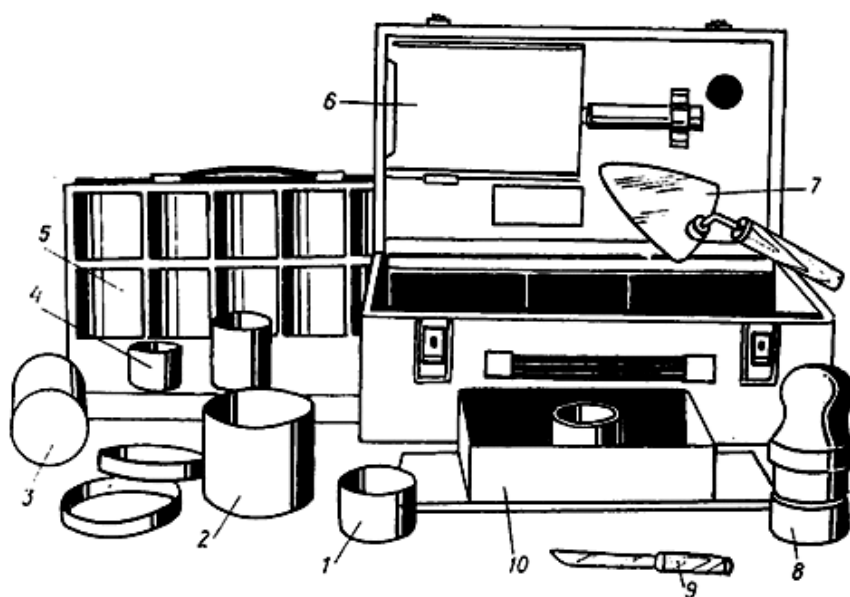


Рис. 8. Прибор Качинского для определения плотности скелета почвы:

1 и 2 – цилиндры-бур; 3 – молоток; 4 и 5 – алюминиевые банки с крышками;
6 – совок; 7 – лопаточка; 8 – шомпол; 9 – нож; 10 - направлятель

Взятие образцов и определение плотности почвы. При определении плотности почвы по генетическим горизонтам около передней стенки разреза

срезается растительность. Лопатой аккуратно выравнивается площадка размером 100*100 см. На площадке строго горизонтально устанавливается станок. В отверстие станка закладывается патрон и резким вертикальным движением втулки патрон вдавливаются в почву на всю глубину стакана. Необходимо следить, чтобы патрон погружался в почву строго вертикально. Станок снимается, почва вокруг патрона окапывается и извлекает его из почвы. С нижней и верхней сторон патрона почва подрезается ножом вровень с краями. Почва переносится в заранее взвешенный стакан, закрывается крышкой и взвешивается (взвешивание проводят для определения влажности почвы). Так отбирают по пять проб с каждой площадки.

Стакан с почвой помещают в сушильный шкаф, устанавливают температуру 100 - 105°C и выдерживают до постоянной массы. Определяется объем патрона (V_n) в см³ по формуле

$$V_n = \pi r^2 h \quad (11)$$

Плотность сложения сухой почвы (V) в г/см³ определяется по формуле

$$V = P/V_n \quad (12)$$

где $\pi=3,14$; r - радиус патрона; h - высота патрона; P - масса абсолютно сухой почвы, в г.

При массовом определении плотности почв можно использовать модифицированный подход, разработанный Почвенным институтом им. ВВ. Докучаева. После взятия проб с помощью бура почва пересыпается в сухой пакет, куда помещается этикетка с выходными данными образца (дата, номер разреза, наименование горизонта, номер образца, глубина площадки).

В лаборатории сразу же после взвешивания пакета с почвой, почва переносится в фарфоровую чашку, тщательно перемешивается и из нее отбирается по две пробы массой 15-20 г для определения влажности. После определения влажности рассчитывается плотность сложения почвы по приведённой выше формуле.

5.1. Песчаный метод определения плотности почвы

Метод основан на том, что из почвы вынимают некоторый ее объем, а образовавшееся при этом углубление заполняют отсеянным сухим песком, объем которого строго учитывают. Метод прост, не требует специального оборудования (рис. 9). Может быть рекомендован для определения плотности сложения каменистых почв. Подробно техника песчаного метода применительно к каменистым почвам разработана Ф.Р. Зайдельманом, которая приводится ниже.

Площадку, предназначенную для взятия образцов, выравнивают. Выступающую на поверхность часть каменистых отдельностей тщательно очищают от мелкозема и на нее наносят метку по линии касания с дневной поверхностью. На подготовленной площадке делают углубления на 8-12 и 15-17 см; чем тяжелее материал, переслаивающий каменистые отдельности, тем глубже делают выемку. Извлекаемую (совком, ножом) из углубления пробу каменистой почвы тщательно собирают и взвешивают. Выемку заполняют просеянным сухим песком, объем которого строго учитывают. Из пробы отделяют мелкоземистую часть (частицы <3 мм) промывкой почвы на сите с отверстиями диаметром 3 мм в текучей воде.

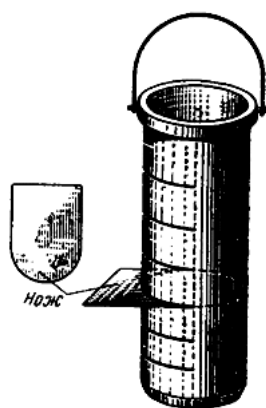


Рис. 9. Цилиндр с прорезями для определения объемного веса почвы
в пахотном слое

Промытые каменистые отдельности сушат до воздушно-сухого состояния и определяют их общий вес (p_s). По разности между общим весом пробы и весом каменистой фракции определяют вес воздушно-сухого мелкозема; зная

влажность, находят вес абсолютно сухого мелкозема. В результате рассчитывают общий вес образца сухой каменистой почвы (p) (абсолютно сухой вес мелкозема + вес воздушно-сухих каменистых отдельностей).

Затем определяют объем каменистых отдельностей и общий объем извлеченного образца. Сначала определяют объем той части каменистых отдельностей, которая выступает над дневной поверхностью. Для этого каждую из них отдельно погружают в цилиндр с водой до метки, нанесенной на поверхность при выемке. Объем воды, вытесненный погружением выступающих частей каменистых отдельностей, измеряют. Сумма этого объема и объем песка, употребленного на заполнение выемки, составляют общий объем извлеченного образца каменистой почвы в естественном сложении (V).

Суммарный объем каменистых фракций определяют погружением их в наполненный водой большой цилиндр. Объем вытесненной воды соответствует объему каменистых фракций (V_s).

Расчет плотности почвы в данном случае производят по следующим формулам:

Плотность каменистых почв

$$d_v = \frac{p}{V} \quad (13)$$

Плотность мелкозема, заполняющего пространства между каменистыми отдельностями

$$d_v = \frac{p-p_s}{V-V_s} \quad (14)$$

где d_v – плотность, p – вес абсолютно сухой почвы; p_s – вес каменистых отдельностей, V – объем почвы, V_s – объем каменистых отдельностей.

Для ориентировочной оценки плотности почвы в агрономических целях Н.А. Качинским предложена шкала ее оценки (табл. 5). По плотности сложения пахотных почв судят о об окультуренности почвы. К примеру, сильно уплотненная в сухом состоянии почва оказывает большее сопротивление развитию корневой системы растений и при ее обработке требуются дополнительные затраты. Плотная почва плохо или совсем не фильтрует воду, вызывая

процессы эрозии.

А.Г. Бондарев предложил следующую шкалу оптимальных показателей плотности почв для большинства возделываемых культур в г/см³:

глинистые и суглинистые -1,00-1,30,
 легкосуглинистые -1,10-1,40,
 супесчаные -1,20 - 1,45,
 песчаные -1,25 - 1,60.

Нижние пределы плотности оптимальны для более требовательных культур.

Таблица 5

Оценка плотности сложения сухой почвы суглинистого и глинистого ГМС

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

5.2. Использование данных плотности почвы

Используя плотность сложения, можно вычислить массу отдельных почвенных горизонтов или слоев, вычисления могут производиться для сухой и влажной почвы.

Масса пахотного слоя сухой почвы определяется по формуле:

$$P_{ап} = 100 \cdot V \cdot N \quad (15)$$

$$P_{ап} = (100 + W) \cdot V \cdot N \quad (16)$$

где $P_{ап}$ - масса пахотного слоя, в т/га; V - плотность почвы, в г/см³; N - мощность слоя, в см; W - влажность почвы, в %.

Вычисление запасов составных частей почвы:

а) содержания в процентах от массы абсолютно сухой почвы (гумус, карбонаты, легкорастворимые соли и т.д.):

$$M = m \cdot V \cdot N \quad (17)$$

где M - запас составных частей, в т/га; m - содержание составной части почвы в процентах от массы абсолютно сухой почвы; V - плотность почвы, в г/см³; N - мощность слоя, в см

б) содержанию влаги в % от веса абсолютно сухой почвы (W):

$$W_{\text{зап}} = W \cdot V \cdot N \quad (18)$$

в м³/га или

$$W_{\text{зап}} = 0,1 \cdot W \cdot V \cdot N \quad (19)$$

в мм водного столба

в) содержания питательных веществ в мг на 100 г абсолютно сухой почвы (g):

$$Q = g \cdot V \cdot N \quad (20)$$

в кг/га или

$$Q = 0,1 \cdot g \cdot V \cdot N \quad (21)$$

в г/м²

г) содержания обменных оснований в мг/экв. на 100 г сухой почвы (K):

$$K_{\text{зап}} = 0,001 \cdot K \cdot V \cdot N \quad (22)$$

в т/га или

$$K_{\text{зап}} = 0,1 \cdot K \cdot V \cdot N \cdot n \quad (23)$$

в г/м², n - число миллиграмм обменного основания в одном его эквиваленте.

5.3. Определение твердости почв твердомером Н.А. Качинского

Твердость почвы это способность почвенного материала оказывать сопротивление к приложенной внешней силе расклинивания. Твердость – это важная технологическая характеристика почв, которую выражают че-

рез расклинивающее сопротивление почвенного материала заостренному плунжеру твердомера. Известно множество конструкций твердомеров, но наиболее распространенным и простым в эксплуатации считается твердомер конструкции Н.А. Качинского (рис.10.).

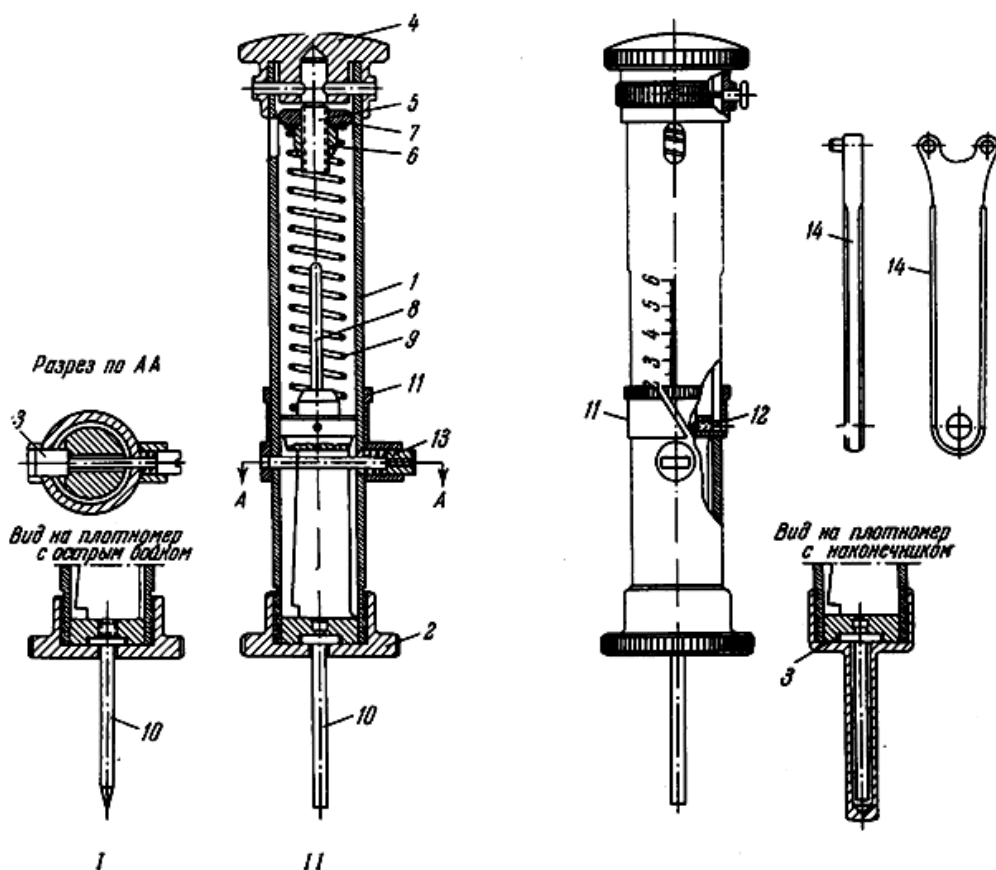


Рис. 10. Твердомер Качинского (I – твердомер с острым бойком; II – твердомер с наконечником) 1 – металлический корпус; 2-опорный диск; 3-глухой наконечник; 4-головка; 5-винт; 6 и 7-шайбы; 8-поршень; 9-пружина; 10-плунжер; 11-кольцо-указатель; 12-винты; 13-кнопка; 14-ключ.

Твердомер Качинского устроен по револьверному принципу и используется обычно для полевого определения показателя твердости. Силой разжатия пружины прибора специальный плунжер погружается в почву, а показание прибора соответствует сопротивлению расклинивающему давлению. В зависимости от модификации прибора могут использоваться заостренные или ци-

линдрические плунжеры. Определение твердости прибором Качинского можно проводить на стенке почвенного разреза или на специально подготовленных рабочих площадках. Перед началом работы в корпус твердомера вставляют одну из соответствующих пружин, входящих в комплект прибора. В комплекте твердомера имеются пружины, создающие при максимальной деформации почвенного материала усилия на плунжер в 0,6; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 16; 18 кг. Используемая пружина выбирается по предварительной оценке твердости почвенного материала, полученной при морфологическом описании разреза. Прибор имеет заводскую градуировку, которая для каждой из используемых пружин отражается в прилагаемой тарифовочной таблице (табл. 6).

Перед проведением измерений твердомер устанавливают вертикально плунжером вниз на твердую поверхность (металлическая пластина, лезвие ножа). Надавливают на верхнюю часть прибора, чтобы плунжер до конца вошел во внутрь корпуса. С помощью фиксатора поршень закрепляется в таком положении, а пружина в подготовленном к работе приборе находится в сжатом состоянии. Подготовленный прибор устанавливают на поверхность почвы в вертикальном или горизонтальном положении и, придерживая одной рукой верхнюю часть, другой нажимают кнопку фиксатора. За счет разжатия пружины плунжер погружается в почву. Затем выдерживают прибор в таком состоянии 30 сек и не отпуская твердомер, продвигают кольцо-указатель до ограничителя плунжера. Придерживая кольцо, поднимают твердомер и записывают показания по шкале. Шкала твердомера имеет деления от 0 до 60 мм, деление 60 мм соответствует максимальному ходу плунжера. Для определения твердости почвы показание твердомера (с учетом номера пружины) по тарифовочной таблице переводится в значение сопротивления почвы, которое в таблице выражается в г. Значение сопротивления почвы переводится в кг. Затем пересчитывается в кг/см^2 с учетом диаметра плунжера ($0,2 \text{ см}^2$), т.е. умножив значение сопротивления на 5. Твердость определяют с десятикратной повторности, среднее значение принимают за итоговый показатель твердости почвы. Одновременно с определением твердости почвы берут образцы на влажность.

Таблица 6

Тарифовочная таблица для определения твердости почвы с помощью твердомера Н.А. Качинского

Ррасч=2 кг; Ртар=2 кг Отклонение +0%. Цена деления 33,3 г. № 1							Ррасч=3 кг; Ртар=2,7 кг Отклонение +10%. Цена деления 50 г. № 2						Ррасч=4 кг; Ртар=4,7 кг Отклонение +0%. Цена деления 66,6 г. № 3						Ррасч=5 кг; Ртар=6,5 кг Отклонение +8.33%. Цена деления 100 г. № 4					
	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
1	33	367	700	1033	1367	1700	50	550	1050	1550	2050	2550	67	733	1400	2067	2733	3400	100	1100	2100	3100	4100	5100
2	67	400	733	1067	1400	1739	100	600	1100	1600	2100	2600	133	800	1467	2133	2800	3467	200	1200	2200	3200	4200	5200
3	100	433	767	1100	1433	1767	150	650	1150	1650	2150	2650	200	867	1533	2300	2867	3533	300	1300	2300	3300	4300	5300
4	133	467	800	1133	1467	1800	200	700	1200	1700	2200	2700	267	933	1600	2267	2933	3600	400	1400	2400	3400	4400	5400
5	167	500	833	1167	1500	1833	250	750	1250	1750	2250	2750	333	1000	1667	2333	3000	3667	500	1500	2500	3500	4500	5500
6	200	533	867	1200	1533	1867	300	800	1300	1800	2300	2800	400	1067	1733	2400	3067	3733	600	1600	2600	3600	4600	5600
7	233	567	900	1233	1567	1900	350	850	1350	1850	2350	2850	467	1133	1800	2467	3133	3800	700	1700	2700	3700	4700	5700
8	267	600	933	1267	1600	1933	400	900	1400	1900	2400	2900	533	1200	1867	2533	3200	3867	800	1800	2800	3800	4800	5800
9	300	633	967	1300	1633	1967	450	950	1450	1950	2450	2950	600	1267	1933	2600	3267	3933	900	1900	2900	3900	4900	5900
10	333	667	1000	1333	1667	2000	500	1000	1500	2000	2500	3000	667	1333	2000	2667	3333	4000	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Ррасч=0,6 кг; Ртар=0,62 кг Отклонение +3,33% Цена деления 10 г. № 5							Ррасч=2 кг; Ртар=2 кг Отклонение +0% . Цена деления 33,3 г. № 6						Ррасч=3 кг; Ртар=2,7 кг .Отклонение +10%. Цена деления 50 г. № 7						Ррасч=4 кг; Ртар=4,7 кг.Отклонение +0% . Цена деления 66,6 г. № 8					
	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50	0	10	20	30	40	50
1	133	1467	2800	4133	5467	6700	200	2200	4200	6200	8200	10200	267	2933	5600	8267	10933	13600	300	3300	6300	9300	12300	15300
2	267	1600	2933	4267	5600	6833	400	2400	4400	6400	8400	10400	533	3200	5867	8533	11200	13867	600	3600	6600	9600	12600	15600
3	400	1733	3067	4400	5733	7067	600	2600	4600	6600	8600	10600	800	3467	6133	8800	11467	14133	900	3900	6900	9900	12900	15900
4	583	1867	3200	4533	5867	7200	800	2800	4800	6800	8800	10800	1067	3733	6400	9067	11733	14400	1200	4200	7200	10200	13200	16200
5	667	2000	3333	4667	6000	7333	1000	3000	5000	7000	9000	11000	1333	4000	6667	9333	12000	14667	1500	4500	7500	10500	13500	16500
6	800	2133	3427	4800	6133	7467	1200	3200	5200	7200	9200	11200	1600	4267	6933	9600	12267	14933	1800	4800	7800	10800	13800	16800
7	933	2267	3600	4933	6267	7600	1400	3400	5400	7400	9400	11400	1867	4533	7200	9867	12533	15200	2100	5100	8100	11100	14100	17100
8	106	2400	3733	5067	6400	7733	1600	3600	5600	7600	9600	11600	2133	4800	7467	10133	12800	15467	2400	5400	8400	11400	14400	17400
9	120	2533	3867	5200	6533	7867	1800	3800	5800	7800	9800	11800	2400	5067	7733	10400	13067	15733	2700	5700	8700	11700	14700	17700
10	133	2667	4000	5333	6867	8000	2000	4000	6000	8000	10000	12000	2667	5333	8000	10667	13333	16200	3000	6000	9000	12000	15000	18000

Пример: показание твердомера равно 14, при номере пружины – 6. Табличное значение твердости будет равно – 2800 г (2,8 кг). Соответственно, твердость данной почвы равна: $2,8 \times 5 = 14$ кг/см².

По величине твердости почвы (в кг/см²) относят к следующим категориям (по Н.А. Качинскому):

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

5.3.1. Определение твердости (сопротивления пенетрации) с помощью ручного стрелочного пенетрометра Eijkelkamp

Сопротивление пенетрации и твердость – термины, аналогичные друг другу. Сопротивление пенетрации более физически строгий термин и определяется силой, с которой в почву внедряется конусообразный или цилиндрический предмет небольшого размера.

Определить твердость почв на разных глубинах позволяет ручной пенетромметр фирмы «Eijkelkamp Agrisearch Equipment» (Нидерланды) (рис. 11.). Пенетромметр состоит из измерительного устройства, зондирующего стержня (плунжера) и конуса. Его конструкция предусматривает удлинение плунжера. На конце плунжера закрепляется сменный конус. Выбор конуса производится в зависимости от степени твердости почв. Если почва твердая, то выбирается меньший конус. В комплект прибора входит планка с вырезами круглой и конической формы, которая используется для проверки износа конусов путем приложения конуса в вертикальном и горизонтальном положениях к этим отверстиям. Диапазон измерения составляет 10000 кН/м² (= 10000 кПа).

Пенетромметр вдавливается перпендикулярно в почву со скоростью примерно 2 см в секунду, оказывая одинаковое давление на ручки захвата. Чтобы

определить сопротивление пенетрации нижних слоев почв, предварительно нужно с помощью бура или шнека сделать выемку. После вдавливания в почву сопротивление пенетрации, измеренное конусом, можно считывать на манометре, где оно указывается черной стрелкой. Максимальное сопротивление, зарегистрированное во время измерения, отображается красной стрелкой на манометре. Сопротивление пенетрации ($\text{кПа}/\text{см}^2$) почв определяется путем деления значений показания манометра на поверхность конуса.

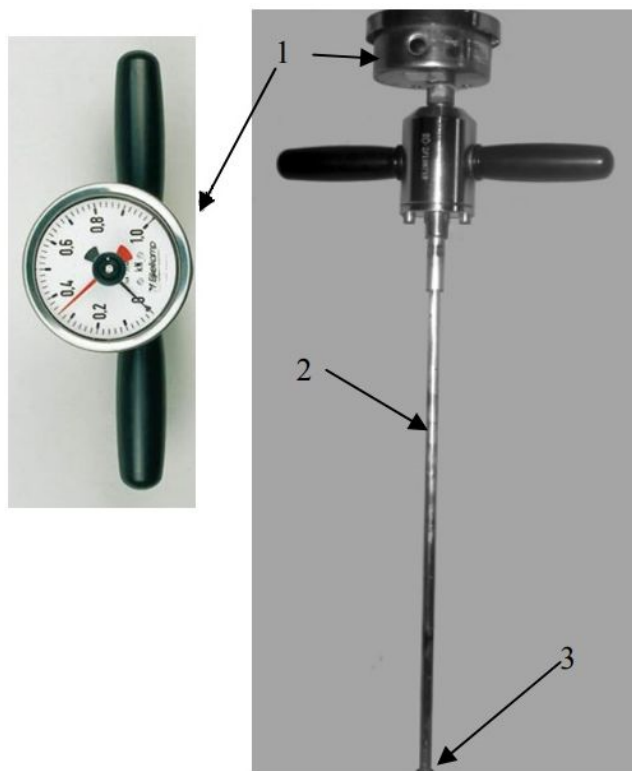


Рис. 11. Ручной пенетрометр фирмы «Eijkelkamp Agrisearch Equipment»:
1 – измерительное устройство, манометр; 2 – плунжер; 3 – съемный конус

Сопротивление пенетрации зависит от множества почвенных свойств, но прежде всего от влажности и гранулометрического состава. При высоких значениях сопротивления пенетрации заметно снижается полевая всхожесть семян и оказывается значительное механическое сопротивление развивающейся корневой системе растений (табл. 7).

Влияние сопротивления пенетрации на растения

Сопротивление пенетрации, МПа	Сложение почвы	Значение для растений
Меньше 0,5	Рыхлое	Не влияет
0,5-1,25	Среднее уплотнение	Рост некоторых зерновых может быть ограничен
1,25 – 2,0	Плотное	Рост корней существенно ограничен
2 – 3	Очень плотное	Отдельные корни проникают в такой слой
Больше 3	Чрезвычайно плотное	Рост корней прекращен

Критическим значением сопротивления пенетрации, при которой затруднено проникновение корней в почву и растения начинают заметно страдать от повышенного сопротивления проникновению корней, считается величина около 3 МПа ($\approx 30 \text{ кг/см}^2$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрофизические методы исследования почв. М., 1966, 258 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., 1973, 399 с.
3. Кринари Г.А., Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г., Мельников Л.В. Пробоотбор и пробоподготовка образцов почв к рентгенографическому фазовому анализу. Методическое пособие - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2007. - 30 с.
4. Полевые исследования свойств почв: учеб. пособие к полевой практике для студентов, обучающихся по направлению подготовки 021900 – почвоведение / М.А. Мазиров [и др.]; Владим. гос. ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 72 с.
5. Практикум по физике почв. Часть 1. Методы определения структурного состояния и механических свойств почв. – Казань: Казанский государственный университет, 2004. – 86 с.
6. Практикум по физике почв. Часть 2. Лабораторно-полевые методы изучения водных и воздушных свойств почв. – Казань: Казанский государственный университет, 2004. – 63 с.