

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермская государственная сельскохозяйственная академия
имени академика Д.Н. Прянишникова»

Факультет почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения

Кафедра почвоведения

В.Ю. Гилёв

ФИЗИКА ПОЧВ

Учебно - методические указания полевой практике

Пермь, 2012

УДК 631.41.075

Физика почв учебно-методические указания составлены старшим преподавателем В.Ю. Гилёвым в соответствии с программой практики по «Физике почв» для студентов специальности 020701.65 «Почвоведение».

Рецензент: Л.В. Фалалеева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего земледелия ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА»

Приводится описание основных методов определения физических свойств почв, которые определяются в период полевой учебной практике по физике почв и используются на производстве. Предназначено для закрепления теоретических знаний и приобретения навыков по определению физических свойств почв студентами специальности 020701.65 «Почвоведения».

Библиогр. 18 назв. Ил. 4. Табл. 8. Прил. 8

Учебное – методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры почвоведения. Протокол №5 от 21.11.2012

Содержание

Введение	4
1. Организация учебной практики	5
2. Природно-климатические условия территории обследования	6
3. Плотность почвы и методы ее определения	8
3.1 Плотность сложения почвы	8
3.2 Плотность твердой фазы почвы	11
4. Пористость почвы и расчетные методы ее определения	12
Задание к разделам 3 и 4	13
Контрольные вопросы к разделам 3,4	13
5. Влажность почвы и ее измерение	14
5.1 Термостатно-весовой метод определения естественной влажности почвы	14
5.2 Графическое изображение динамики изменений влажности почвы	16
Задание к разделу 5	18
6. Водопроницаемость почв	18
Задание к разделу 6	24
7. Определение предельной полевой влагоемкости почвы	24
7.1 Определение предельной полевой влагоемкости в полевых условиях	24
7.2 Вычисление послойных запасов влаги при ППВ	27
Задание к разделу 7	26
Контрольные вопросы к разделам 5,6,7	26
Рекомендации по оформлению отчета	27
Словарь терминов	29
Рекомендуемая литература	33
Приложения	34

ВВЕДЕНИЕ

Учебная полевая практика проходит в летний период (июнь, июль) и является завершающим этапом теоретической части курса «Физика почв». Знание физических свойств и физических процессов, протекающих в почве, дает представление о направленности почвообразовательного процесса, условиях для роста и развития растений. Физика почв связана с такими науками как земледелие и мелиорация, задачей которых является временное или коренное улучшение, главным образом, физических свойств почвы для практических целей.

За период прохождения практики студенты 3-го курса ФПАЭиТ специальности «Почвоведение» должны закрепить теоретические знания и приобрести навыки по определению водно-физических свойств почв в лабораторных и полевых условиях.

Местом проведения практики служит территория ГУП «Липовая гора» Пермского района Пермского края и ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА», кафедра почвоведения, ауд. 86, 88.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Изучение физических свойств почвы проводится в три этапа:

1. Подготовительный.
2. Полевой.
3. Лабораторно-камеральный.

Подготовительный период

В подготовительный период руководитель практики проводит инструктаж по технике безопасности.

Студенты делятся на звенья. Каждое звено в подготовительный период прорабатывает материал по физико-географической характеристике района, где будет проходить практика.

Одновременно ведется укомплектование полевого снаряжения и упаковка лабораторного оборудования.

Полевой период

Для изучения физических свойств в полевых условиях применяется метод «ключей». На карте выделяют основные генетические почвенные разности, характерные для района исследования, а также их варианты по гранулометрическому составу, эродированности.

На типичных для данного района рельефе и почве выявляют опытную площадку – «ключ», размером 10×10 м и закладывают один или два разреза.

В полевых дневниках описывается морфологическое строение почвы: состояние увлажнения, цвет, гранулометрический состав, структура, сложение, включения и новообразования. Делается зарисовка почвенного профиля, и характеризуются: местоположение, рельеф, угодье, растительность.

Из середины каждого генетического горизонта почвы в опорном разрезе следует отобрать образцы массой около килограмма (нарушенного сложения) для проведения лабораторных анализов.

Одновременно отбираются пробы на полевую влажность и образцы почв ненарушенного сложения.

Исследования физических свойств почвы проводят по генетическим горизонтам до глубины залегания грунтовых вод или верховодки. При глубоком их залегании следует охарактеризовать материнскую и подстилающую породы, так как от них почва унаследовала ряд свойств, которые нужно учитывать при решении мелиоративных задач.

Лабораторно-камеральный период

После проведения полевых опытов следует приступить к высушиванию проб, расчетам, составлению таблиц, графиков, написанию отчета. В первую очередь производится высушивание почвенных проб в бюксах, отобранных для определения естественной влажности и влажности, соответствующей ППВ.

Далее производятся расчеты запасов воды в миллиметрах водного столба или м³/га. Для вычисления запасов влаги в метровом слое или иной толще дробиные послойные запасы суммируются.

Проводится обработка материалов полевого опыта по водопроницаемости.

По полученным данным студенты пишут отчет, по результатам защиты получают зачет.

Необходимое оборудование:

1. Лопаты
2. Нож
3. Прибор Качинского для определения плотности сложения
4. Рамы размером:
50×50 см – 3 шт.
25×25 см – 3 шт.
5. Ведро емкостью 8–10 л – 3 шт.
6. Мерные кружки емкостью:
1000 см³ – 3 шт.
500 см³ – 3 шт.
7. Мерный цилиндр
8. Рейки для установления и поддержания напора воды
9. Сантиметр
10. Часы
11. Термометр водяной
12. Бюксы для проб почвы на определение влажности
13. Технические весы
14. Сушильный шкаф
15. Топографические и почвенные карты территории обследования
16. Почвенный бур

2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ

Географическое положение. ФГУП «Учхоз «Липовая гора» Пермской ГСХА имени академика Д.Н. Прянишникова расположено в северо-восточной части Пермского края. Центральная усадьба – с. Фролы – находится в 2 км от города Перми. По конфигурации хозяйство представляет собой вытянутый, широкий участок, который простирается с запада на восток на 12,5 км. Хозяйство имеет густую, разветвленную дорожную сеть, состоящую из асфальтированных и полевых дорог. Хозяйство разделяет пополам дорога федерального назначения. По хозяйству протекает множество мелких рек и ручьев.

Климат. Учебное хозяйство «Липовая гора» располагается в IV агроклиматическом районе, который находится в центральной части Пермского края и характеризуется континентальным климатом с холодной и продолжительной снежной зимой и коротким теплым летом. Среднегодовая температура составляет -1,5°C. Среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца (января) - -15,1°C, теплого - +18,1°C. Вегетационный период с температурой выше +5°C составляет 151 день. Последний заморозок на почве наблюдается 2 июня, первый 8 сентября.

Сумма среднесуточных эффективных температур составляет 1800-1900°С, годовой приход суммарной солнечной радиации 87-88 ккал/кв.см. Безморозный период составляет 120 дней, среднее из абсолютно- годовых минимальных температур -37°С. Район, в котором находится данное хозяйство, относится к зоне достаточного увлажнения. Сумма осадков за год 468мм, продолжительность периода с устойчивым снежным покровом 165 дней. Образование устойчивого снежного покрова 3 ноября. Сход снега 10-12 апреля. Высота снежного покрова 56 см. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы 160 мм. В зимние и весенние месяцы на территории учхоза преобладают юго-западные ветры, с мая по октябрь ветры западного направления, этот период отличается наибольшим количеством осадков (Агроклиматический справочник...,1979).

Рельеф. Территория учебного хозяйства расположена на водораздельном пространстве реки Кама. Рельеф хозяйства холмисто-увалистый. Западная часть представлена склонами восточной экспозиции и крутизной 4-8°. Центральная часть территории выровнена. Северная и Восточная части имеют глубоко врезанную овражно-балочную сеть. В целом восточная часть представлена склонами западной и восточной экспозиции (Коротаев Н.Я., 1962).

Растительность. Территория хозяйства расположена в лесной зоне, в подзоне смешанных лесов, в районе пихтово-еловых лесов с мелко листовыми породами и липой в древесном ярусе. Древесная растительность представлена: липой, тополем, березой, елью, пихтой, сосной. Из кустарников распространены: рябина, черемуха, шиповник, малина.

Травянистая растительность часто низкорослая. Встречается ежа сборная, лисохвост, кострец безостый, мятлик луговой, клевер белый, мышиный горошек, чина луковая, лютик едкий, земляника лесная, крапива двудомная, одуванчик обыкновенный, ромашка лекарственная, хвощ полевой, лопух паутинистый, редька дикая, сныть обыкновенная, манжетка, ветреница алтайская. На территории микрорайона Липовая гора существует особо охраняемая природная территория, на которой произрастает растение доледникового третичного периода – ветреница отогнутая. Данное обстоятельство требует соблюдения экологических нормативов при сельскохозяйственном производстве.

Засоренность посевов сильная из сорняков более распространены корневищные (пырей ползучий, хвощ полевой), корнеотпрысковые (осот полевой), яровые ранние, яровые поздние (фиалка полевая) (Коротаев Н.Я., 1962).

Почвенный покров. Поскольку почва является основным средством сельскохозяйственного производства, то важное значение для агропроизводственной оценки предприятия имеет характеристика плодородия земель, которая выражается совокупностью свойств почвенного покрова. На территории учебно-опытного хозяйства преобладают дерново-среднеподзолистые и дерново-сильноподзолистые почвы, которые в совокупности занимают около 68% от общей площади земель. Данные почвы имеют преимущественно среднесуглинистый и тяжелосуглинистый грану-

лометрический состав, показатели характеризующие поглотительную способность – сумма обменных оснований и емкость катионного обмена соответствуют среднему уровню. Почвы имеют очень низкое и низкое содержание гумуса, гуматно-фульватный тип гумуса, низкое содержание обменного калия (K_2O) и подвижного фосфора (P_2O_5), средне- и слабокислую реакцию среды (pH_{KCl} 4,7 – 5,5). Следовательно, получение высокого урожая сельскохозяйственных культур на доминирующих дерново-подзолистых почвах, требует больших затрат из-за их низкого экономического плодородия.

На водораздельных пространствах и перегибах склонов пятнами залегают более плодородные дерново-карбонатные и дерново-бурые почвы, занимающие около 15% от площади земель. Они имеют высокую поглотительную способность, среднее содержание гумуса гуматно-фульватного и фульватно-гуматного типов, среднее и повышенное содержание обменного калия (K_2O) и подвижного фосфора (P_2O_5), а также слабокислую и близкую к нейтральной реакцию среды (pH_{KCl} 5,4 – 6,0). Это почвы хорошего качества пригодные под пашню, на которых экономические показатели, учитывающие стоимость урожая и затраты на его получение будут ниже, чем на дерново-подзолистых почвах. Кроме этого, к почвам хорошего качества относятся аллювиальные, расположенные в поймах рек. На территории хозяйства они занимают небольшую площадь.

В понижениях рельефа расположены почвы болотного типа, которые не пригодны для сельскохозяйственного использования из-за неблагоприятного водно-воздушного режима (Коротаев Н.Я., 1962).

3. ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Плотность почвы – одно из основных, фундаментальных свойств почвы. Без знания этой величины невозможны расчеты и количественная оценка почв. Плотность почвы подразумевает два понятия: плотность сложения и плотность твердой фазы. Данные по плотности и порозности почвенных слоев и горизонтов обязательно сопровождают полную характеристику почвенного профиля.

3.1 Плотность сложения почвы

Плотность сложения ρ_b или d_v (объемная плотность, объемная масса, объемный вес, удельный вес скелета почвы) – это масса абсолютно сухой почвы в единице объема почвы со всеми свойственными естественной почве пустотами или, другими словами, это масса единицы объема почвы в ее естественном, ненарушенном состоянии.

Плотность необходима для решения ряда практических задач: вычисления порозности, запасов воды, питательных веществ, гумуса, микроэлементов, норм полива для орошения и т. д. По плотности сложения верхних горизонтов судят об окультуренности почвы.

В настоящее время для определения плотности сложения почвы различными авторами предложен ряд методов (Качинский Н.А., 1965; Воро-

нин А.Д. 1988). Наибольшее распространение получили метод и набор инструментов (прил.1), разработанные Н.А. Качинским.

Ход анализа

Цилиндры-буры для взятия образца почвы в данном наборе низкие, но широкие для того, что сдавливание почвы при отборе пробы было наименьшим. Диаметр режущей части цилиндра делается на 1 мм меньше остальной его части. То и другое обеспечивает взятие образца без прессования. Примерные размеры цилиндров бура малого: высота 40, диаметр режущей части 56, диаметр остальной части 57 мм. При объеме цилиндра бура около 500 см³ соответствующие параметры 80, 87, 88 мм.

Большим цилиндром-буром (около 500 см³) берут образцы из рыхлого пахотного горизонта, а малым – из уплотненных горизонтов. Можно использовать малый бур по всем горизонтам, в таком случае необходимо увеличить количество взятых проб.

Направитель представляет собой колодку из прочного дерева с цилиндрическим отверстием в середине такой же высоты, что и цилиндрическая часть шомпола. Шомпол имеет диаметр, равный внешнему диаметру цилиндра. Изготавливают его из крепкого дерева, для прочности его цилиндрическую часть заключают в металлическую оправу.

Взятие проб почвы из пахотного слоя. Недалеко от разреза выделяют незатоптанную площадку (1×1 м²), на которой в углах и в середине берут пять проб большим цилиндром. Перед выполнением определения с места взятия проб срезают растения, а поверхность почвы выравнивают. На подготовленную таким образом поверхность ставят цилиндр, закрывают его сверху небольшой квадратной доской (10×10 см) и, надавливая рукой, погружают в почву. Цилиндр должен полностью заполниться почвой без ее уплотнения. Доску снимают, закрывают цилиндр крышкой, окапывают вокруг ножом или лопаточкой и вынимают. Затем перевертывают, срезают излишки почвы ножом вровень с краем цилиндра, очищают боковые стенки. Закрывают нижней крышкой, перевернув и отняв верхнюю крышку, пересыпают почву в сухой полиэтиленовый пакет и вкладывают этикетку. Взятые образцы сохраняют от нагревания и намокания, поэтому удобно складывать их в ящик или ведро и закрывать сверху клеенкой, полотенцем или мешковиной.

Рядом с первой подготавливают площадку на глубину 10 см, а первую углубляют до 20 см и в том же порядке берут пробы. Если на этих глубинах почва окажется плотной, то используются малые цилиндры.

При взятии пробы необходимо следить, чтобы цилиндр погружался в почву строго вертикально. При перекосе образуется зазор между стенкой цилиндра и почвой и объем взятой почвы не соответствует объему цилиндра. В таком случае этот образец нужно забраковать и повторить определение.

Взятие проб почвы из уплотненных горизонтов. Используется цилиндр малого объема (около 100 см³). В соответствии с намеченной глубиной (середина горизонта) надо хорошо выровнять площадку (не менее 50×50 см). Во избежание перекоса при погружении малого цилиндра в

плотный горизонт используют направитель. В отверстие его вкладывают цилиндр, стенки которого предварительно слегка смазывают вазелином. Надавливая рукой на шомпол, цилиндр погружают в почву. Как только шомпол войдет в отверстие направителя до плечика, цилиндр будет погружен в почву на полную глубину. В тех случаях, когда образец берут на сухих и плотных почвах, по головке шомпола ударяют деревянным молотком (следует избегать резких ударов).

Направитель снимают и, закрыв цилиндр шомполом, окапывают почву вокруг него ножом или лопаточкой. Затем почву под цилиндром подрезают таким образом, чтобы оставался некоторый ее излишек.

Не отнимая шомпола, цилиндр поднимают, переворачивают и острым ножом обрезают почву вровень с нижним его краем.

Цилиндр с наружной стороны очищают от приставшей почвы, ставят верхним (более широким) краем над бюксом. Почву выталкивают с помощью ножа или специального шомпола, приставшую к стенке почву соскабливают и тоже сыпают в бюкс. Почву из цилиндра в бюкс следует переносить над листом чистой бумаги или на совочке. Упавшие на них частицы сыпают в бюкс. Совок рекомендуется делать узким, но высоким, чтобы защищать почву от распыления при ее переносе.

Бюкс плотно закрывают крышкой и устанавливают в специальный ящик с гнездами.

Целесообразнее всего определение плотности сложения проводить одновременно с определением влажности следующим образом.

В лабораторно-камеральный период практики производится просушивание почвы при 105 °С до постоянного веса. Зная массу, бюкса с высушенной почвой и массу пустого бюкса, находят массу абсолютно – или воздушно-сухой почвы. Затем, разделив массу сухой почвы на ее объем (объем кольца), получают плотность сложения почвы.

Расчет определения плотности сложения (d_v) ведут по формуле (1):

$$d_v = \frac{b - a}{V_{\text{кольца}}} \quad (1)$$

Объем кольца рассчитывается, как объем цилиндра по формуле (2):

$$V_{\text{кольца}} = 2\pi r * h, \quad (2)$$

где r – радиус кольца, h – высота кольца, обозначения: a , b , v , $b - v$, $v - a$ – указаны в таблице 1.

Для качественной оценки плотности сложения существуют различные градации (прил. 3,4,5). Для песчаных пахотных почв характерны величины плотности 1,3–1,5 г/см³. В дерновом горизонте садовых и лесных песчаных почв плотность может уменьшаться до величины 1,2–1,3 г/см³. Плотность естественной почвы никогда не может превышать 2 г/см³, а вот минимальные значения минеральных почв редко бывают ниже 0,8 г/см³, хотя плотность торфяных почв, торфов может снижаться и до 0, 1 г/см³.

Таблица 1. Форма рабочего журнала при одновременном определении плотности сложения почвы и ее естественной влажности

Горизонт и глубина, см	Номербюкса	Масса бюкса, г	Масса бюкса+ сырая почва в объеме кольца, г	Масса бюкса+ сухая почва в объеме кольца, г	Масса воды в пробе, г	Масса сухой почвы в объеме кольца, г	Влажность (W), % от Веса	Объем кольца, см ³	Плотность сложения почвы, d_v , г/см ³	Средняя плотность сложения г/см ³
		а	б	в	б – в	в – а		Vкольца		

3.2 Плотность твердой фазы почвы

Плотность твердой фазы почвы ρ_s или d – это отношение массы твердой фазы почвы (минеральные, органические и другие твердофазные частицы) к ее объему, т. е. – это масса твердых компонентов почвы в единице объема без учета пор (синонимы: удельный вес твердой фазы, собственно плотность).

Плотность твердой фазы определяется пикнометрически, в двух повторностях. Этот анализ проводят в стационарных условиях в лаборатории. Пикнометр – это стеклянный мерный сосуд с узким горлышком, емкостью 50, 100 мл.

Определение плотности твердой фазы пикнометрическим методом

Ход анализа

1. Воздушно-сухую почву просеивают через сито в 1 мм и берут на технических весах навеску 10 грамм.
2. Чистый пикнометр заполняют дистиллированной водой, комнатной температуры. Вытирают снаружи фильтровальной бумагой и, держа его за горлышко (чтобы не нагревать рукой), ставят на технические весы и взвешивают с точностью до сотых грамма.
3. Отливают из пикнометра больше половины объема воды и через сухую воронку высыпая навеску почвы. Приставшие к стенкам воронки и горлышку колбы частички почвы из промывалки смывают водой в пикнометр, примерно до половины сосуда.
4. Подготовленный подобным образом пикнометр ставят на плитку и кипятят 30 мин. Отсчет времени берут с момента закипания, не допуская разбрызгивания, если начинает разбрызгиваться, убавить температуру.

5. После кипячения пикнометр охлаждают до комнатной температуры, доливают водой до метки, обтирают досуха фильтровальной бумагой и взвешивают на технических весах с точностью до сотых долей.

6. Расчет определения плотности твердой фазы (**d**) ведут по формуле (3):

$$d = \frac{b}{a + b - c} \quad (3)$$

Результаты анализа заносят в таблицу 2.

Таблица 2. Форма рабочего журнала при определении плотности твердой фазы почвы

Глубина горизонта, см	Повторности	Навеска почвы, г	Масса пикнометра с водой, г	Масса пикнометра с водой и почвой, г	Плотность твердой фазы, г/см ³	Средняя плотность твердой фазы, г/см ³
		b	a	c	d	

В малогумусных почвах и в нижних минеральных горизонтах плотность твердой фазы составляет 2,6...2,8 г/см³. С увеличением содержания гумуса плотность твердой фазы уменьшается до 2,4...2,5 г/см³, а в торфяных почвах — до 1,4...1,8 г/см³. Плотность твердой фазы используют для расчета порозности почвы.

4. ПОРИСТОСТЬ ПОЧВЫ И РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Общая порозность почвы (синонимы: пористость, скважность) ($P_{\text{общ.}}$) — это объем почвенных пор в почвенном образце по отношению к объему всего образца (%; см³/см³):

Общая порозность может быть определена как отношение плотности сложения почвы к плотности твердой фазы, по формуле (4):

$$P_{\text{общ}} = \left(1 - \frac{dv}{d} \right) * 100 \text{ или } P_{\text{общ}} = \frac{d - dv}{d} * 100 \quad (4)$$

В целом, порозность — это суммарный объем пустот, различных по форме, размерам, направлению. Общая порозность показывает, какую долю в общем объеме почвы составляет объем пор.

Оптимальные условия для жизнедеятельности растений и биологических процессов создаются при определенных соотношениях в почве воды и воздуха.

С. И. Долгов и С. В. Астапов (1959) предлагают следующие классификационные особенности почв по порозности. Для верхних гумусирован-

ных слоев целинных почв: лесные почвы под дубравами – 60–70 %; верхние горизонты целинных и луговых почв – 50–60 %.

В зависимости от содержания органического вещества слабогумусированные поверхностные слои бурых пустынно-степных почв и сероземов имеют пористость 55–45 %, неосушенные торфяные почвы – 90–95 %, осушенные – 80–90 %, уплотненный торфяник – 75–80 %.

Более глубокие слои почвы, в том числе и подпахотные – 47–50 %, уплотненные подпахотные горизонты – 44–45 %. В иллювиальных горизонтах пористость снижается до 40 %, в оглеенных слоях иногда падает до 30 % и ниже.

Пористость оценивается по шкале. Н. А. Качинского (1965) (прил.6).

Задание к разделам 3 и 4.

- 1. В поле отобрать образцы почв для определения плотности сложения с помощью прибора Качинского.*
- 2. В лаборатории высушить и взвесить образцы почв рассчитать плотность сложения почв.*
- 3. Определить плотность твердой фазы почв пикнометрическим методом.*
- 4. Рассчитать общую пористость почв.*
- 5. Дать оценку общим физическим свойствам почв и предложить необходимые рекомендации по их улучшению.*

Контрольные вопросы к разделам 3,4.

- 1. Назовите общие физические свойства почвы. Каково их значение для почвенного плодородия?*
- 2. Опишите методику пикнометрического определения плотности твердой фазы почвы.*
- 3. Опишите ход определения плотности сложения почвы.*
- 4. Как расчетным путем можно определить общую пористость почвы и пористость аэрации?*
- 5. Какие еще показатели почв можно определить зная значения общих физических свойств?*
- 6. Как можно оценить значения общих физических свойств почв?*

5. ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ И ЕЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Влажность почвы является одним из основных факторов плодородия. Регулирование режима влажности применительно к различным почвам для получения наивысших урожаев служит основой разработки рациональной агротехники. Поэтому, определение влажности почвы является наиболее распространенным почвенным анализом. Самым распространенным и надежным способом измерения влажности почвы является термостатно-весовой метод.

5.1 Термостатно-весовой метод определения естественной влажности почвы

Массовая влажность или весовая естественная влажность (W) – это отношение массы воды к массе абсолютно сухой почвы, т. е. к массе твердой фазы почвы и рассчитывается по формуле (5):

$$W (\% \text{ от массы}) = \frac{b - v}{v - a} * 100\% \quad (5)$$

где a – масса бюкса, г; b – масса бюкса с сырой почвой, г; v – масса бюкса с абсолютно сухой почвой, г; $(b - v)$ – масса воды, г; $(v - a)$ – масса сухой почвы, г.

Ход анализа

Отбор проб на влажность можно производить во время закладки опорного разреза по теневой его стороне с учетом генетических горизонтов через каждые 10 см, а в гумусовом слое – через 5 см в пронумерованные бюксы с заранее известной массой (табл. 3).

Пробы на влажность следует отбирать сразу после вскрытия очередного слоя, чтобы избежать потерь влаги. Бюксы с почвой 30-40 г быстро закрывают, ставят в ящики, защищая от солнца, затем взвешивают на технических весах. В лабораторно-камеральный период практики они высушиваются в сушильном шкафу при температуре 105–110 °С в течение шести часов. Обычно после однократной сушки в течение этого времени почва приобретает постоянный вес. Однако следует убедиться, повторно просушив ее при той же температуре еще в течение двух часов.

Отбор проб на естественную влажность можно проводить также буром любой конструкции (прил. 2).

Пробы почвы для определения влажности отбираются из скважины при помощи бура по генетическим горизонтам или послойно через каждые 10 см на глубину, в зависимости от целей исследования. Пробы берутся в 3–5-кратной повторности.

Бур погружают в почву до соответствующей метки, обозначающей данную глубину. После этого делают один оборот бура вокруг оси, чтобы оторвать столбик почвы, заключенный в полости бура, от нижележащего слоя. Затем бур осторожно вынимают. Образец почвы выбирается ножом из нижней части бура в предварительно взвешенный сухой алюминиевый стаканчик — бюкс. Насыпают почву примерно на 1/3 от объема. Бюкс немедленно закрывается крышкой и убирается в тень во избежание потери влаги до взвешивания. В лаборатории бюксы с влажной почвой взвешивают с точностью до 0,01 г, сушат в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 6–8 часов, затем вынимают из шкафа, немедленно закрывают крышками, охлаждают и снова взвешивают. В полевом дневнике записывают время, место и номер скважины или повторность, вариант, почвенную разность, глубину взятия, номера бюксов и общее число взятых проб.

Таблица 3. Форма рабочего журнала при определении массовой (весовой) естественной влажности почвы

Горизонт и глубина, см	Номер бюксы	Масса бюксы, г	Масса бюксы + сырая почва, г	Масса бюксы + сухая почва, г	Масса воды почвы, г	Масса сухой почвы, г	Весовая влажность почвы (W), % от веса	Средняя W почвы, % от веса	Объемная влажность почвы (θ) % от объема
		<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>б-в</i>	<i>в-а</i>			

По данным массовой влажности (W) можно рассчитать следующие величины: коэффициент пересчета массы влажной почвы в сухую, объемную влажность, относительную влажность, запасы влаги в конкретном слое почвы.

Коэффициент пересчета массы влажной почвы в сухую рассчитывается по формуле (6):

$$K = \frac{100}{100 + W} \quad (6)$$

Для перевода весового процента влаги в объемные проценты следует предварительно определить плотность сложения почвы (dv) по тем же горизонтам. Умножив весовой процент влажности на плотность сложения почвы, получим влажность в процентах к ее объему или объемную влажность.

Объемная влажность (θ) – отношение объема жидкой фазы к общему объему почвы и связана с массовой влажностью следующим соотношением формула (7):

$$\theta (\% \text{ от объема}) = W_{\text{почвы}} (\% \text{ от веса}) * dv \quad (7)$$

где dv – плотность почвы в г/см³.

Относительная влажность (W_{отн.}) – отношение массовой влажности к предельной полевой влагоемкости (ППВ) рассчитывается по формуле (8):

$$W_{\text{отн}} = \frac{W * 100}{\text{ППВ}} \quad (8)$$

Относительная влажность характеризует степень насыщенности почвы водой. В отчете дать оценку состояния увлажнения почвы по массовой и относительной влажности, изменения влажности с глубиной по профилю почвы, объяснить причины этого.

Запасы влаги (ЗВ) в конкретном слое почвы:

а) Расчет запасов воды в сантиметрах водного столба (слоя) проводят по формуле (9):

$$ЗВ(см) = \frac{W * dv * h}{100} \quad (9)$$

где $3B$ – запасы влаги, см, h – мощность слоя, см; dv – плотность почвы, г/см³, W – влажность весовая, %.

б) Для перевода в миллиметры водного столба (слоя): $3B$ см водного столба (слоя) умножают на 10 формула (10):

$$3B \text{ (мм)} = 3B \text{ при } W \text{ (см вод. ст.)} * 10 \quad (10)$$

в) Пересчет в кубометры (м³/га) или тонны делается путем умножения величины влажности, выраженной в миллиметрах, на коэффициент 10, так как слой воды в 1 мм на одном гектаре составляет 10 м³ формула (11):

$$3B \text{ при } W \text{ (м3/га)} = 3B \text{ (мм вод. ст.)} * 10, \text{ или} \quad (11)$$

$$3B \text{ (м3/га)} = W \text{ (% от веса)} * dv * h.$$

Общий запас воды (в м³/га и в мм вод. ст.) следует рассчитать для каждого 10-сантиметрового слоя, для каждого генетического горизонта и по слоям 0–50; 50–100; 0–100; 100–200 см и т. д. Для вычисления запасов влаги в метровой или иной толще дробные послойные запасы суммируются.

5.2 Графическое изображение динамики изменений влажности почвы

Результаты многочисленных определений влажности, часто приводят в виде громоздких и трудночитаемых таблиц. Графическое изображение того же материала в виде хроноизоплет наглядно и более компактно. Этот метод позволяет сразу оценить особенности изменения влажности в почвенно-грунтовой толще любой мощности и за любой, даже очень продолжительный, период. На этом же графике сопряжено может быть показано выпадение осадков, изменение температуры воздуха, изменение уровня грунтовых вод (рис. 1), а также увеличение надземной массы растений и т. д.

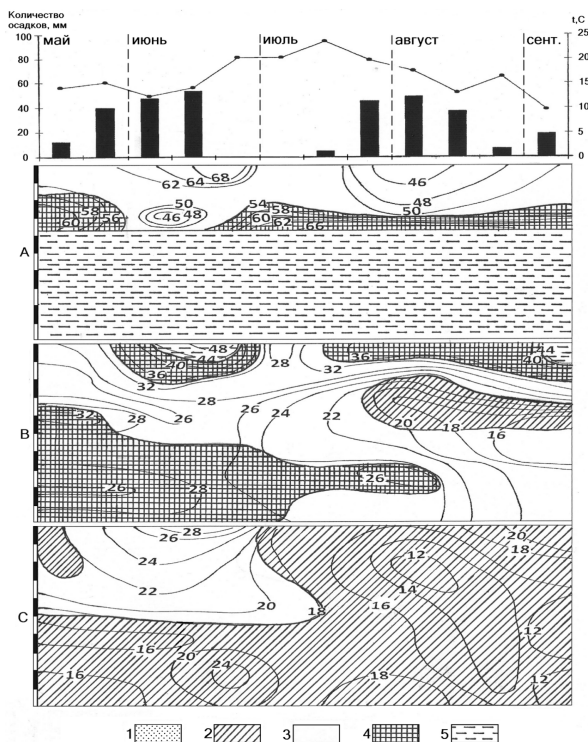


Рис. 1. Хроноизоплеты влажности почв (в % от массы и категориях почвенной влаги) аллювиальных почв р. В. Мулянки: А – аллювиальная иловато-перегнойно-глеевая типичная, В – постагрогумусовая аллювиальная глееватая, С – аллювиальная слоистая типичная, 2004 г. (1 – < ВЗ, 2 – ВЗ-ВРК, 3 – ВРК-ППВ, 4 – ППВ-ПВ, 5 – ПВ). (Романова А. В., 2012)

График строится в системе двух осей координат. По оси ординат откладываются глубины взятия образцов для определения влажности почвы; по оси абсцисс — сроки наблюдений. Расстояния на графике между всеми сроками наблюдений должны быть строго пропорциональны интервалу времени между ними. Через точки сроков наблюдений проводятся вертикальные линии, а через глубины наблюдений — горизонтальные. Получается ветка с прямоугольниками, каждый угол которых соответствует своей влажности. Имея такую сетку, можно вычертить хроноизоплеты, выделяя контуры по увлажнению почвы с любой заданной точностью, например через 10% влажности, через 5, через 2. Чем в меньших диапазонах колеблется влажность почвы, тем с большей дробностью должны выделяться контуры почвы по увлажнению. Так как влажность почвы в углах прямоугольников представлена обычно дробными величинами или даже целыми числами, но не соответствующими принятым грациям хроноизоплет, то направление последних на сетке влажностей приходится вычислять, составляя пропорцию; пространственный интервал на чертеже между двумя соседними точками влажности известен и различие этих точек по влажности также известно; составляя пропорцию, легко рассчитать, как пройдет хроноизоплета в каждом прямоугольнике на сетке влажностей почвы.

При небольшом числе сроков наблюдений данные об изменении влажности можно изобразить в виде профилей влажности (рис. 2).

По оси ординат на графике откладывают глубину от поверхности, а по оси абсцисс — влажность. Каждый срок наблюдения изображается отдельной линией, по уклону линии можно судить о величине градиента влажности. Полезно нанести на этом же графике основные почвенные константы — величину полной и предельной полевой (наименьшей) влагоемкости и влажности завядания.

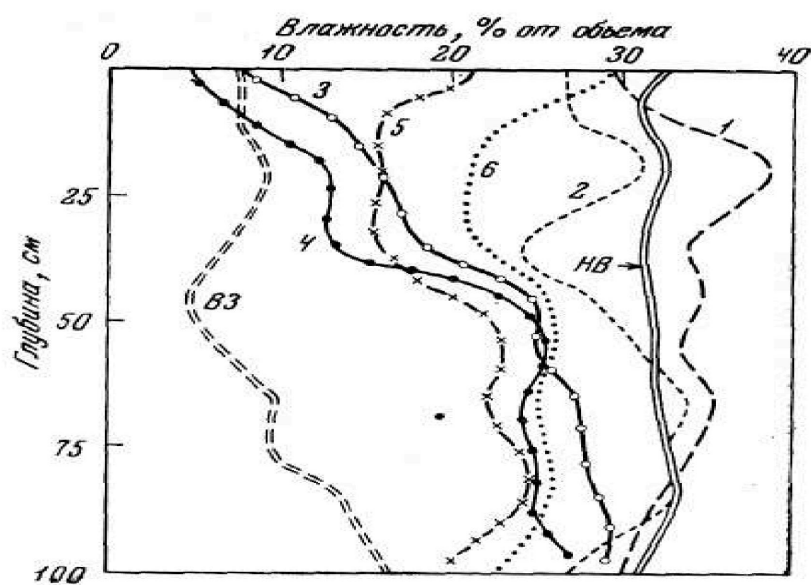


Рис. 2. Профили влажности дерново-подзолистой почвы (Роде, 1969):
1 — июнь; 2 — июль; 3 — август; 4 — сентябрь; 5 — октябрь; 6 — ноябрь

Профили наглядно выявляют закономерные изменения влажности во времени, однако не отражают дробного многократного увлажнения почвы осадками. Рассматривая поочередно линии графика, можно получить представление о том, как высокая по всему профилю влажность в первый срок наблюдения снижалась с поверхности и в августе упала ниже влажности завядания в пахотном слое. В более поздние сроки происходило увеличение влажности во всей толще почвы, начиная с поверхности.

Задание к разделу 5.

- 1. Отобрать образцы почв на полевую влажность с помощью почвенного бура послойно через каждые 10 см в трехкратной повторности.*
- 2. Взвесить бюксы с влажной почвой и поставить сушить при температуре 105°C до постоянного веса.*
- 3. Взвесить высушенные бюксы и рассчитать массовую влажность почвы по формуле 5 для каждого слоя.*
- 4. Рассчитать объемную и относительную влажности для каждого слоя.*
- 5. Рассчитать послойные запасы влаги.*
- 6. Рассчитать запасы влаги для каждого из генетических горизонтов.*
- 7. Рассчитать запасы влаги метровой толщи почвы.*
- 8. Построить график профильного распределения влажности.*

6. ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ

Под водопроницаемостью почв и грунтов понимают способность их впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. Процесс этот складывается из 1) поглощения воды почвой, 2) прохождения ее от слоя к слою в ненасыщенной почве и 3) фильтрации воды сквозь толщу почвы. Впитывание воды почвой, еще не насыщенной до состояния влагоемкости, в первой и второй фазах происходит под влиянием сорбционных и менисковых сил, а также градиента напора. Под фильтрацией понимают прохождение воды сквозь водонасыщенные слои почвы, под влиянием градиента напора. Впитывание выражают коэффициентом впитывания, фильтрацию почв – коэффициентом фильтрации.

Водопроницаемость чаще всего выражают в миллиметрах водного столба за единицу времени. Это удобно потому, что осадки и испарение выражают в миллиметрах. Водопроницаемость выражают также в сантиметрах, литрах или кубометрах в единицу времени: секунду, минуту, часы, сутки.

Водопроницаемость – одно из важнейших водно-физических свойств почвы. С нею связано использование атмосферных осадков и поливной воды; при хорошей водопроницаемости осадки, а также поливная вода почти полностью проникают в почву, создавая запасы влаги и, наоборот, при плохой водопроницаемости вода стекает по поверхности, вызывая эрозию. Однако хорошая водопроницаемость может быть вредным явлением при гид-

ротехнических работах, например, при сооружении плотин, дамб, каналов, тогда ее снижают до минимума.

Водопроницаемость изменяется по профилю почвы, поэтому ее следует изучать для отдельных генетических горизонтов. Особо важно знать водопроницаемость тех горизонтов, которые выходят на поверхность на дне и стенках ирригационной сети (каналов, дрен).

Методы определения водопроницаемости почв и грунтов подразделяются на полевые и лабораторные. Водопроницаемость, в основном, следует изучать в природных условиях. Лабораторные же исследования должны дополнять и углублять, полевые, но не заменять их. При выборе метода необходимо исходить из поставленной цели, а также характера исследования (экспедиционный или стационарный). Для полевых определений водопроницаемости почв наиболее известны: 1) метод заливаемых площадей, 2) метод трубок, 3) лизиметрический.

Метод заливаемых площадей. К категории этих методов относят: а) метод рам и б) метод полива опытных участков.

Метод заливаемых квадратов (рам) дает количественную характеристику водопроницаемости почвы, он наиболее распространен, хотя весьма трудоемкий. Его применяют для определения водопроницаемости с поверхности почвы.

Определение водопроницаемости почвы методом рам.

Рамы, имеющие различную величину и форму (круглую, квадратную, прямоугольную), врезают в почву, в них заливают воду и производят учет интенсивности впитывания ее в почву при постоянном или переменном напоре за определенные интервалы времени. Подача воды и поддержание определенного уровня ее осуществляют вручную (мерным сосудом) или автоматически с использованием водорегулирующих приспособлений, основанных на принципе сосудов Мариотта.

Для определения водопроницаемости в практике чаще употребляют металлические или деревянные квадратные рамы. В каждом варианте определения необходимы две рамы: большая – внешняя, размером 50×50 см, и малая – внутренняя размером 25×25 см. Внутренняя рама – учетная; наружная – защитная, ограничивающая растекание воды в почве из внутренней рамы (рис. 3).

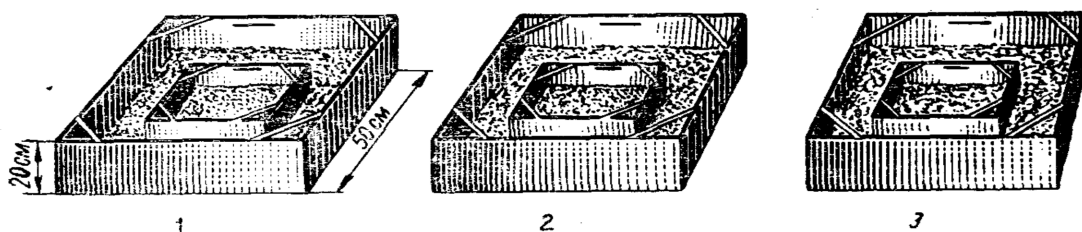


Рис. 3. Определение водопроницаемости почвы методом квадратов:

1, 2, 3 – повторности

Высота стенок каждой рамы – 20 см, в нижней части их затачивают клином, чтобы легче можно было врезать квадрат в почву. Для металлических рам используют полосовое железо толщиной 2,5–3 мм. Углы квадратов в верхней части скрепляют угольниками из того же материала, с наруж-

ной и внутренней стороны квадраты окрашивают масляной краской. У деревянных квадратов нижнюю клинообразную часть их и верхний борт обивают нержавеющей жестью или оцинкованным железом. Углы деревянных квадратов снаружи тоже скрепляют угольниками из полосового железа, а внутри промазывают замазкой. Чтобы квадрат не впитывал воду, его несколько раз окрашивают масляной краской.

Ход работы

Каждая студенческая бригада на характерном ключевом участке врезают (на расстоянии 1,5–2,0 м друг от друга) рамы на глубину 15–20 см. При этом следует избегать перекосов. Заглубление рам проводят ударами с двух концов по доске, положенной поверх рамы. Зазоры, образовавшиеся между рамами и почвой, тщательно утрамбовываются, вокруг рамы делается плотный земляной защитный валик или врезается подобная рама, но большего размера. Рамы могут быть круглыми или квадратными.

Внутри рамы вбивается колышек с уступом так, чтобы уступ возвышался над выровненной поверхностью почвы на 5 см. Такой же колышек вбивается между защитным валиком и рамой. Уступ на колышке является верхней границей для слоя воды, постоянно поддерживаемого при опыте. Для защиты поверхности почвы от размыва при вливании воды в квадрат кладется охапка сена или соломы, то же самое делается между защитным валиком и квадратом. В одно из ведер точно отмеряется количество воды для образования во внутренней учетной раме слоя воды высотой 5 см. Во второе ведро наливается такое количество воды, которое может образовать в защитном слое тоже 5 см.

Два студента одновременно заливают воду в учетный и защитный квадраты. В то же время включается секундомер и начинается отсчет времени опыта – постоянного поддержания пятисантиметрового водного столба. При этом во внутреннем квадрате ведется строгий учет воды в следующие интервалы времени: 2 мин, 3 мин, 5 мин, 5 мин, 5 мин, 10 мин, 10 мин, 10 мин, 10 мин, 60 мин, 120 мин, 180 мин, 240 мин, 300 мин.

Если вода впитывается медленно, то отсчет можно делать через более длинный промежуток времени, но раму при этом следует укрывать, чтобы исключить испарение воды. Измерение впитываемой воды нужно проводить в течение 3–4 часов, а при низкой водопроницаемости – иногда от 12 до 24 часов.

Полевая запись ведется по следующему образцу:

- 1) дата проведения опыта;
- 2) площадь и форма врезанной рамы (S), см^2 ;
- 3) глубина вреза рамы (l), см;
- 4) объем первоначально прилитой воды (см^3) – (например: 3500)
- 5) слой воды над почвой (h) – 5 см;
- 6) температура воды (T °C).

В строке «Прилита воды» (табл. 4) на время начала опыта записывается объем воды, влитой для создания в раме слоя высотой 5 см. В расчет скорости фильтрации он не входит, а учитывается лишь тогда, когда суммируют общее количество влитой воды на площадку, перед тем как про-

должить промачивание для определения предельной полевой влагоемкости (ППВ).

В других графах в последующие сроки записываются те количества воды, которые влиты (и впитались) за истекшие интервалы времени (т. е. за 2 минуты – от 9 час 10 мин до 9 час 12 мин; за следующие 3 минуты – от 9 час 12 мин до 9 час 15 мин и т. д.).

Таблица 4. Форма рабочего журнала при учете впитываемой воды

Объем	Время t						
	Начало 9 ч 10 мин	9 ч 12 мин Q_1	9 ч 15 мин Q_2	9 ч 20 мин Q_3	9 ч 25 мин Q_3	9 ч 30 мин Q_4	9 ч 40 мин Q_5
Прилито воды, $Q_1 \dots Q_n$, см ³							

Весь процесс поступления воды в почву условно делят на впитывание и фильтрацию. Впитывание воды почвой происходит в течение первых 1,5 – 2 часов опыта, пока основная масса пор не заполнится водой. Считается, что после этого процесс переходит в стадию фильтрации воды через насыщенную ею почву, причем скорость поступления воды в почву приобретает более или менее постоянное значение и мало изменяется.

При камеральной обработке результатов опыта в первую очередь подсчитывается скорость впитывания воды в почву (мм/мин) за первые 2 минуты от начала опыта, затем – в интервале от 2 до 5 минут, от 5 до 10, от 10 до 15, от 15 до 25, от 25 до 30 минут и т. д. от начала опыта. Учет подливаемой воды во внутреннюю раму ведется строго одним студентом. Когда по предварительным подсчетам устанавливается, что в равные промежутки времени впитывается равное количество воды, опыт можно прекратить.

В камерально-лабораторный период практики производят расчет результатов опыта и заносят в таблицу 5.

Суммарное количество впитавшейся воды в мм подсчитывается по формуле (12):

$$Q = \frac{(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) * 10}{S} \quad - \quad (12)$$

где $Q_1 \dots Q_n$ – количество прилито воды за интервалы наблюдений, см³; S – площадь рамы, см², 10 – пересчет в мм.

Почвенный монолит, проводит воду с некоторой скоростью – скоростью впитывания (фильтрации) воды, характеризуемой *потокм влаги* q_w получаемым по формуле (13):

$$qw = \frac{(Q_1 + \dots Q_n) * 10}{S * tn} \text{ мм/мин}, \quad (13)$$

где $Q_1 \dots Q_n$ – это количество прилитой воды за интервал наблюдений tn в мин, $см^3$ S – площадь рамы, $см^2$, 10 – пересчет см в мм.

Коэффициент впитывания (а для конца опыта – коэффициент фильтрации) определяется по формуле (14):

$$K\phi = \frac{10 * Q_n}{tn * S} * \frac{l}{h + l} \quad (14)$$

где Q_n – количество прилитой воды $см^3$ в интервал времени – tn (мин);

S – площадь рамы ($см^2$);

10 – пересчет см в мм;

l – глубина вреза рамы, см;

h – слой воды равный 5 см.

Данные, полученные при различной температуре воды, должны быть сравнимыми, поэтому принято приводить коэффициент водопроницаемости к единой температуре $10^\circ C$, вводя поправочный температурный коэффициент Хазена $0,7 + 0,03 T^\circ C$:

$$K10 = \frac{K\phi}{0,7 + 0,03 T^\circ C} \quad (15)$$

где $K\phi$ – коэффициент фильтрации при данной температуре;

$T^\circ C$ – температура воды в интервале наблюдений;

0,7 и 0,03 – эмпирические коэффициенты.

Таблица 5. Результаты определения водопроницаемости

Время от начала опыта 9 ч 10 мин (9.10)	9.12	9.15	9.20	9.25	9.30	9.40	10.10	Всего за 1-й час	11.10	12.10	Всего за 2-й час
Время от начала опыта, мин	2	5	10	15	20	30	60		90	120	
Интервалы времени, мин (tn)	2	3	5	5	5	10	30		30	30	
Количество прилитой воды, $см^3$ ($Q_1 \dots Q_n$)											
Суммарное количество впитавшейся воды в мм (Q)											
Поток влаги (скорость впитывания воды) мм/мин (qw)											
Коэффициент впитывания (фильтрации), мм/мин ($K\phi$)											
Коэффициент впитывания (фильтрации), мм/мин ($K10$)											

Сначала рассчитывают $K\phi$ и $K10$ мм/мин для каждого интервала. Это означает, что в каждую минуту данного срока в почву прошло какое-то количество воды.

Затем нужно рассчитать, сколько в среднем поглощается воды почвой в каждую минуту часа наблюдений. Например, чтобы рассчитать среднее значение $K10$ для первого часа, следует сложить K мм/мин каждого 10-минутного интервала и разделить на 6; для второго часа сложить и поделить на два и т. д.

Суммарная водопроницаемость за данный час наблюдений рассчитывается умножением среднего значения $K10$ мм/мин этого часа на 60. Величины водопроницаемости – средние из определений – оформляют в таблицу (образец формы записи результатов определения водопроницаемости дан в табл. 6) и графически в виде кривых; по оси ординат откладывают водопроницаемость почвы – $K10$ по оси абсцисс – время наблюдения – t (рис. 4).

Таблица 6. Водопроницаемость почвы $K10$ в различные интервалы отсчетов при $T = 10^0 \text{ C}$

№ разреза	Почва, уголь	Интервалы наблюдений						В среднем для 1-го часа K ₁₀	Всего за 1-й ч K10 x 60 мм/ч	Минуты		В среднем для 2-го часа	Всего за 2-й ч мм/ч	Часы				Всего за 4 часа наблюдений (в
		минуты												3-й час	4-й час			
		10	10	10	10	10	10			В среднем	Всего мм/ч					В среднем	Всего мм/ч	

$K10$ – мм/ч при $T = 10^0 \text{ C}$, $h = 5 \text{ см}$

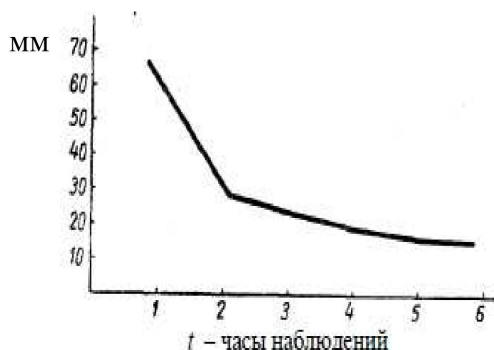


Рис. 4. Метод изображения данных по водопроницаемости почвы

Затем дается качественная оценка почвы от водопроницаемости на основании шкалы, предлагаемой С. В. Астаповым и С. И. Долговым (прил. 7).

Для оценки водопроницаемости почв тяжелого гранулометрического состава в агрономических и мелиоративных целях можно пользоваться шкалой Н. А. Качинского (при напоре воды $h = 5$ см, $T = 10$ °С) (прил. 8).

Для высокопроницаемых почв можно использовать градации С.В. Астапова и И.Д. Кременецкого:

1. Почвы слабой водопроницаемости - за первый час впитывается столб воды до 50 мм.

2. Почвы средней водопроницаемости - за первый час впитывается от 50 до 150 мм.

3. Почвы высокой водопроницаемости - за первый час впитывается более 150 мм воды.

При работе методом заливаемых квадратов после определения водопроницаемости определяют предельную полевую влагоемкость (ППВ). Для этого по окончании определения водопроницаемости квадраты снимают, смоченная площадка укрывается от испарения (сначала клеенкой, затем сеном или соломой, слоем около 20 см).

Задание к разделу 6.

1. Заложить опыт для определения водопроницаемости исследуемой почвы методом рам.

2. Подсчитать скорость впитывания для определенных интервалов.

3. Рассчитать суммарное количество впитавшейся воды.

4. Рассчитать поток влаги по формуле 13.

5. Рассчитать коэффициент впитывания (формула 14).

6. Определить суммарную водопроницаемость почвы.

7. Построить кривую водопроницаемости и дать оценку водопроницаемости исследуемой почвы.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПОЛЕВОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВЫ

Влагоемкость – это способность почвы удерживать определенное количество влаги после избыточного ее увлажнения при свободном оттоке гравитационной воды.

Под предельной полевой влагоемкостью почвы (ППВ) или наименьшей влагоемкостью (НВ) обычно понимают количество влаги, удерживаемое в почве адсорбционными и капиллярными силами после избыточного ее увлажнения при свободном оттоке гравитационной воды.

Выражается влагоемкость в массовых или объемных процентах, в миллиметрах водного столба.

7.1 Определение предельной полевой влагоемкости в полевых условиях

В экспедиционных условиях влагоемкость определяют после определения водопроницаемости почвы методом заливных площадей (метод рам).

По окончании определения водопроницаемости рамы несколько раз наполняют водой до верха (без учета), чтобы промочить почву на большую глубину. Когда вся вода впитается в почву, рамы осторожно снимают. Смооченные площадки защищают от испарения, а также от промачивания в случае дождя. Сначала закрывают пленкой, затем травой, слоем соломы около 20 см, выдерживают до оттока гравитационной воды и установления капиллярного равновесия в промоченной толще. Чем тяжелее почва, тем больший срок требуется для этого. В практике приняты следующие интервалы: для почв песчаных и супесчаных – 12 ч, суглинистых – 24 ч, тяжело-суглинистых и глинистых – 48 ч.

Пробы для определения ППВ берутся из средней части малой рамы с помощью бура из скважины по слоям 0 – 5 см, 5 – 10 см, глубже – каждые 10 см до глубины ниже границы промачивания на 30 см. Отбор проб можно сделать буром или путем заложения разрезов. Пробы берут не менее трех раз. Погружение бура должно быть без нажима, чтобы не происходило отжатие воды из почвы. Полевая запись аналогична записи при определении полевой влажности.

Взятые в поле пробы сырой почвы в лаборатории взвешиваются, высушиваются в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение не менее 10–12 часов с повторной сушкой два часа. Рассчитывается влажность, которая соответствует предельно полевой влагоемкости (табл. 7).

Таблица 7. Форма рабочего журнала при определении весовой влажности при ППВ.

Горизонт и глубина, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г, <i>a</i>	Масса бюкса + сырая почва, г <i>б</i>	Масса бюкса + сухая почва, г <i>в</i>	Масса сухой почвы, г <i>в – a</i>	Масса воды, г <i>б – в</i>	Весовая влажность почвы при ППВ, % от веса	Средняя ППВ почвы, % от веса	Объемная влажность почвы при ППВ, % от объема

ППВ является важной гидрологической константой и используется при расчетах относительной влажности почвы, запасов продуктивной влаги, норм полива, объема пор аэрации, послойных, суммарных запасов влаги и рациональной поливной нормы.

Весовая влажность почвы при ППВ, % от веса рассчитывается по формуле (16):

$$\text{ППВ \% от веса} = \frac{b - v}{v - a} * 100 \quad (16)$$

где a – масса бюкса, г; b – масса бюкса с сырой почвой, г; v – масса бюкса с абсолютно сухой почвой, г; $b - v$ – масса воды, г; $v - a$ – масса сухой почвы, г

Объемная влажность почвы при ППВ, % от объема по формуле (17):

$$\text{ППВ \% от объема} = \text{ППВ \% от веса} * dv \quad (17)$$

где dv – плотность почвы, г/см³.

7.2 Вычисление послойных запасов влаги при ППВ

После определения влагоемкости почвы в лабораторно-камеральный период практики представляется возможность произвести вычисление послойных запасов влаги при ППВ, мм вод. ст. или м³/га.

Запасы влаги ($ЗВ$) при ППВ в конкретном слое почвы:

а) Расчет в см вод. ст. (слоя) проводят по формуле (18):

$$ЗВ \text{ при ППВ} = \frac{\text{ППВ (\% от массы)} * dv * h}{100} \text{ (см)} \quad (18)$$

где $ЗВ$ при ППВ – запасы влаги, см; h – мощность слоя, см; dv – плотность почвы, г/см³, ППВ – влажность при ППВ, % от веса.

б) Для перевода в миллиметры водного столба (слоя): $ЗВ$ см вод. ст. (слоя) умножают на 10:

$$ЗВ \text{ при ППВ (мм)} = ЗВ \text{ при ППВ (см вод. ст.)} * 10 \quad (19)$$

в) Пересчет в кубометры (м³/га) или тонны делается путем умножения величины влажности, выраженной в миллиметрах, на коэффициент 10, так как слой воды в 1 мм на 1 га составляет 10 м³:

$$\begin{aligned} ЗВ \text{ при ППВ (м}^3/\text{га)} &= ЗВ \text{ при ППВ (мм вод. ст.)} * 10, \\ \text{Или } ЗВ \text{ при ППВ (м}^3/\text{га)} &= \text{ППВ (\% от веса)} * dv * h. \end{aligned} \quad (20)$$

Задание к разделу 7.

1. После определения водопроницаемости, провести определение ППВ методом заливных площадей в тех же рамах.
2. Рассчитать весовую и объемную предельно полевую влагоемкость.
3. Вычислить послойные запасы влаги при ППВ.

Контрольные вопросы к разделам 5,6,7.

1. Назовите и охарактеризуйте основные формы почвенной влаги.
2. Назовите важнейшие водные свойства почвы. От каких факторов зависят эти свойства?
3. Опишите методику определения полевой влажности почвы.
4. Как определяют гигроскопическую влажность почвы.
5. Как определить максимальную гигроскопичность почв.
6. Что такое влажность устойчивого завядания?
7. Баланс влаги и его расчеты.
8. Опишите ход определения предельно полевой влагоемкости почвы.

Рекомендации по оформлению отчета

В конце прохождения учебной практики каждое звено студентов пишет отчет по плану:

Введение (где, когда проходила практика; состав звена)

1. Природные условия территории обследования

1.1. Геология

1.2. Геоморфология

1.3. Гидрогеология

1.4. Климат

1.5. Растительность

1.6. Почвы

2. Объекты и методы исследования

3. Морфологическое описание исследуемой почвы с приложением зарисованного профиля (опорного разреза).

4. Общие физические свойства почвы.

4.1. Плотность сложения почвы.

4.2. Плотность твердой фазы почвы

4.2. Порозность почвы в объеме: общая; объем пор, занятых водой и воздухом при насыщении почвы водой и в естественном состоянии.

5. Водные свойства почвы.

5.1. Влажность почвы: абсолютная и относительная.

5.2. Водопроницаемость (мм/мин) с поверхности.

5.3. Влагоемкость (% , $\text{м}^3/\text{га}$).

5.4. Диапазон активной влаги, общие запасы воды и запасы продуктивной влаги ($\text{м}^3/\text{га}$; мм).

В заключительный этап лабораторно-камерального периода все результаты расчетов объединяются в сводную таблицу (табл. 8) водно-физических свойств изучаемых почв.

На основании данных таблицы 8 даются выводы и рекомендации по оптимизации свойств исследуемой почвы.

Таблица 8. Окончательная таблица водно-физических свойств изучаемых почв

Глубина горизонта, см	Влажность естественная W , %	Предельная полевая влагоем- ность ППВ, %	Относительная влажность $W_{отн.}$, %	Плотность сложения d_v , $\text{г}/\text{см}^3$	Плотность твердой фазы, d , $\text{г}/\text{см}^3$	Порозность общая $P_{общ}$ (%) = $(d - d_v)/d \cdot 100$	Поры аэрации при W , $P_{air} W$ (%) = $P_{общ} - W \cdot d_v$	Поры аэрации при ППВ, $P_{air} ППВ r$ (%) = $P_{общ} - ППВ \cdot$	Запасы влаги при ППВ, *ЗППВ ($\text{м}^3/\text{га}$) = ППВ (%) $\cdot d_v \cdot h$	Запасы влаги при W , ЗВW ($\text{м}^3/\text{га}$) = W (%) $\cdot d_v \cdot h$
-----------------------	-----------------------------------	---	---	--	---	---	---	--	---	--

На зачете необходимо представить полностью выполненный и оформленный в соответствии с требованиями отчет. Каждый студент звена должен полностью владеть методологией проведенных полевых исследований, знать содержание и порядок выполнения работ, результаты проведенных исследований. Владеть специальной терминологией. Выше перечисленные знания определяются преподавателем в ходе устного собеседования с звеном. По результатам зачета преподаватель оценивает уровень знаний и практических навыков студентов по двухбалльной шкале «зачет» - «незачет».

Словарь терминов

Влагоемкость – максимальное количество воды, удерживаемое и почве силами определенной природы.

Влажность завядания растений (ВЗ) – это влажность почвы, при которой растения не могут брать воду из почвы и, теряя тургор, необратимо (даже при помещении в насыщенную парами воды атмосферу) завядают.

Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) – это влажность почвы, при которой подвижность влаги в процессе снижения влажности резко уменьшается. Находится в интервале влажностей между наименьшей влагоемкостью и влажностью устойчивого завядания растений.

Водоотдача – (ПВ – НВ) или (ПВ) – динамическая влагоемкость – это количественная характеристика, отражающая количество воды, вытекающее из почвенного слоя при понижении уровня грунтовых вод от верхней до нижней границы этого слоя. Если уровень грунтовых вод опустился заметно ниже рассматриваемой почвенной толщи, то для расчета водоотдачи используют разницу между ПВ и НВ. Если же уровень остался в пределах рассматриваемой толщи, то водоотдачу рассчитывают как разность между ПВ и динамической влагоемкостью, т. е. учитывают распределение влажности в капиллярной кайме грунтовых вод.

Водопроницаемость почв и грунтов – это способность их впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. Водопроницаемость чаще всего выражают в миллиметрах водного столба за единицу времени. Это удобно потому, что осадки и испарение выражают в миллиметрах. Водопроницаемость выражают также в сантиметрах, литрах или кубометрах в единицу времени: секунды, минуты, часы, сутки. Водопроницаемость почв в сильной степени зависит от температуры воды, так как с ее изменением изменяется вязкость воды, с чем связана и подвижность. Принято водопроницаемость приводить к одной температуре, а в величину коэффициента фильтрации вносят поправку на температуру, приводя ее к 10 °С по формуле Хазена. Процесс этот складывается из 1) поглощения воды почвой, 2) прохождения ее от слоя к слою в ненасыщенной почве и 3) фильтрации воды сквозь толщу почвы.

Впитывание – это поглощение воды почвой, еще не насыщенной до состояния влагоемкости под влиянием сорбционных и менисковых сил, а также градиента напора. Впитывание выражают коэффициентом впитывания

Гигроскопическая влажность (ГВ) – влажность почвы, соответствующая относительному давлению паров воды в лабораторных условиях. Соответствует влажности воздушно-сухой почвы.

Гидравлический градиент это потеря напора воды на единицу длины фильтрующей колонки $\Delta h/l$.

Диапазон подвижной влаги – (ПВ-НВ) – указывает на количество воды, которое может стечь при наличии свободного стока из рассматриваемой почвенной толщи.

Диапазон доступной (продуктивной) влаги – (НВ-ВЗ) – для различных почв диапазон, указывающий на количество доступной для расте-

ний влаги, может быть различным. Например, в песчаных почвах он может достигать 6–8 %, а в суглинистых – 12–17 %. Поэтому говорят, что суглинистые почвы содержат больше продуктивной влаги, чем песчаные. Тяжелосуглинистые почвы будут содержать большее количество влаги, чем средне- и легкосуглинистые. А вот в глинах, и тем более в тяжелых глинах, доступной влаги может быть меньше, чем в средне- и тяжелосуглинистых почвах. В глинах стремительно возрастает количество связанной воды, больше увеличивается ВЗ, чем растет НВ. Поэтому зависимость количества доступной влаги от классов по гранулометрическому составу имеет максимум, приходящийся на средне-, тяжелосуглинистые почвы.

Диапазон легкоподвижной, легкодоступной для растений влаги – (НВ – ВРК) – это наиболее эффективная часть той продуктивной влаги, которая характеризуется диапазоном (НВ – ВЗ). Иногда этот диапазон заменяют другим – (НВ – 70 % НВ). Этот диапазон влажности в корнеобитаемом слое, чтобы избежать непродуктивных потерь влаги на стекание ее в нижележащие слои и в то же время способствовать наиболее эффективной работе фотосинтетического аппарата растений.

Закон Дарси – это поток влаги (qw) в насыщенной почве пропорционален коэффициенту фильтрации ($Kф$) и градиенту гидравлического напора. Эта размерность потока влаги физически представляет столб воды, выраженный в см (или в мм, или в м) водного слоя, который проходит через почву за единицу времени, поэтому все потоки воды в почве представляются величиной слоя воды в единицу времени

Запасы влаги (ЗВ) в конкретном слое – это балансовая форма представления данных по влажности. Используется она в основном для характеристики запасов влаги, балансовых расчетов, для выражения всех составляющих водного баланса в одних единицах.

Капиллярная влагоемкость (КВ) – количество влаги в почве, удерживаемое капиллярными силами в зоне капиллярной каймы грунтовых вод (капиллярно-подпертая влага).

Коэффициент фильтрации ($Kф$) – это способность почвы проводить насыщенный поток влаги под действием градиента гидравлического давления. Очень важно отметить, что $Kф$ имеет ту же размерность, что и поток влаги, т. е. см/сут, мм/мин, мм/ч и т. д., но лишь в том случае, если гидравлический градиент является величиной безразмерной, т. е. когда и перепад, и длина колонки выражены в одних и тех размерностях длины. Важно, что коэффициент фильтрации равен потоку влаги при единичном градиенте, поэтому нередко $Kф$ называют скоростью фильтрации на единицу градиента. Кроме того (что тоже очень важно!), $Kф$ является постоянной и характеристичной для данного почвенного объекта величиной. Он относится к фундаментальным, базовым почвенным свойствам.

Максимальная гигроскопическая влажность (МГ) – влажность почвы, устанавливающаяся при помещении почвы в атмосферу с относительной влажностью воздуха 98 %.

Массовая влажность или весовая естественная влажность (W) – это отношение массы воды к массе абсолютно сухой почвы, т. е. к массе твердой фазы почвы и рассчитывается по формуле (% от веса).

Наименьшая влагоемкость (НВ) или предельно полевая влагоемкость (ППВ)– это установившаяся после стекания избытка воды влажность предварительно насыщенной почвы; достигается, как правило, через 2–3 дня после интенсивного дождя или полива хорошо дренируемой однородной почвы. НВ – это наибольшее количество влаги, которое почва в природном залегании может удержать в неподвижном или практически неподвижном состоянии после обильного или искусственного увлажнения и стекания влаги при глубоком залегании грунтовых вод (капиллярно-подвешенная влага).

Общая порозность почвы ε (синонимы: порозность, пористость, скважность) – это объем почвенных пор в почвенном образце по отношению к объему всего образца (%; $\text{см}^3/\text{см}^3$)

Объемная влажность (θ) – отношение объема жидкой фазы к общему объему почвы

Относительная влажность ($W_{отн.}$) – отношение массовой влажности к предельной полевой влагоемкости (ППВ).

Плотность сложения ρ_b или d_v (синонимы: объемная плотность, объемная масса, объемный вес, удельный вес скелета почвы) – это масса абсолютно сухой почвы в единице объема почвы со всеми свойственными естественной почве пустотами или, другими словами – это масса единицы объема почвы в ее естественном, ненарушенном состоянии.

Плотность твердой фазы почвы ρ_s или d (синонимы: удельный вес твердой фазы, собственно плотность) – это отношение массы твердой фазы почвы (минеральные, органические и другие твердофазные частицы) к ее объему, т. е. – это масса твердых компонентов почвы в единице объема без учета пор.

Поливная норма – нужно величину ППВ (НВ), выраженную в виде запасов влаги при ППВ (НВ) в $\text{м}^3/\text{га}$ умножить на 0,3, так как полив следует проводить при влажности 70 % от предельной полевой или наименьшей влагоемкости, т. е. поливная норма будет составлять 30 % ППВ (НВ).

Поливная норма нарастающим итогом по профилю почвы на требуемую глубину достигается суммированием послойных предыдущих поливных норм с каждой последующей.

Полная влагоемкость (водовместимость, ПВ) – наибольшее количество воды, содержащееся в почве при полном заполнении всех пор и пустот, за исключением занятых «защемленным» и адсорбированным воздухом.

Порозность аэрации (синонимы: воздухоносная порозность, воздухосодержание) – это объем почвенных пор, занятых воздухом, взаимосвязь с общей порозностью почвы осуществляется через объемную влажность почвы: $\varepsilon_{air} = \varepsilon - \theta$.

Почвенно-гидрологические константы – это некоторые характерные для каждой почвы значения влажности, которые используют при прак-

тических расчетах и сравнительных оценках. Большинство этих констант возникли из практических потребностей и лишь впоследствии стал ясен их физический смысл.

Скорость впитывания (фильтрации) воды – характеризуется потоком влаги q_w .

Фильтрация – это прохождение воды сквозь водонасыщенные слои почвы, под влиянием градиента напора. Фильтрацию почввыражают коэффициентом фильтрации.

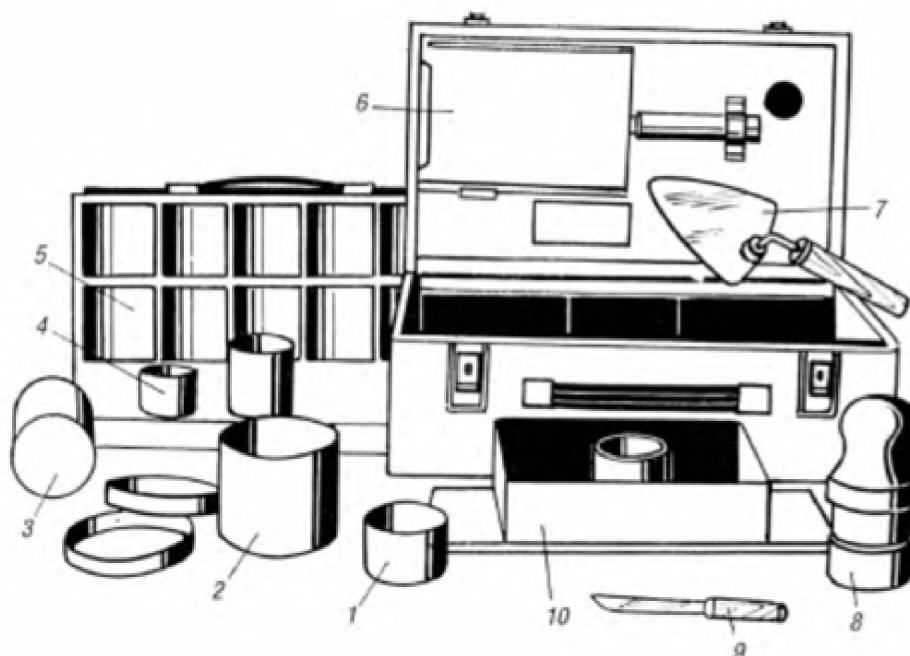
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические ресурсы Пермской области: справ. / Сост. Л.П. Лявшен, О.Б. Федотова, Г.С. Халевицкая и др. – Л.: Гидрометеизд, 1979, - 156 с.
2. Астапов С. В. Методы изучения водно-физических свойств почв / С. В. Астапов, С. И. Долгов // Почвенная съемка. – М., 1959. – С. 308–311
3. Вадюнина А. Д. Методы исследования физических свойств почв / А. Д. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М., 1986. – 416 с.
4. Воронин А. Д. Учебное руководство к полевой практике по физике почв / А. Д. Воронин. – М., 1988. – 89 с.
5. Иванюта Л. А. Полевая практика по физике почв / Л. А. Иванюта. – Иркутск : Облмашинформ, 2002. – 19 с.
6. Ивлев А. М. Физика почв : курс лекций / А. М. Ивлев, А. М. Дербенцева. – Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2005. – 96 с.
7. Качинский Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. – М., 1965. – Т. 1. – С. 155–161; М., 1970. – Т. 2. – С. 88.
8. Коротаев Н.Я. Почвы Пермской области./ Н.Я. Коротаев. – Пермь: Перм. книж. изд-во, 1962. – 278 с.
9. Кузнецова И. В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв // Почвоведение. 1979. №3. С. 81-88.
10. Принципы организации и методы стационарного изучения почв / под ред. А. А. Родэ, Н. А. Ногиной, И. Н. Скрынниковой . – М. : Наука, 1976. – 302 с.
11. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв : метод. руководство / под ред. Е.В. Шеина. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 200 с.
12. Родэ А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Родэ. – Л., 1969. – Т. 2. – С. 159–160
13. Романова А. В. Оксидогенез железа и марганца и тяжелые металлы в аллювиальных почвах южной тайги среднего Предуралья./ Авто-реферат на соискание степени кандидата биологических наук. – Уфа, 2012. – 24 с.
14. Учебное руководство к полевой практике по физике почв / под ред. А. Д. Воронина. – М. : Изд. МГУ, 1988. – 92 с.
15. Физические и водно-физические свойства почв / сост. В. А. Рожков, А. Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, Х.Р. Рахматуллоев – М. : Изд. Моск. гос. ун-та леса, 2002. – 74 с.
16. Шеин Е.В. Толковый словарь по физике почв/ Е. В. Шеин, Л.О. Карпачевский – М.: ГЕОС, 2003. – 126с.
17. Шеин Е. В. Курс физики почв / Е. В. Шеин. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
18. Шеин Е. В. Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров – Ростов н / Д.: Феникс, 2006. - 400 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

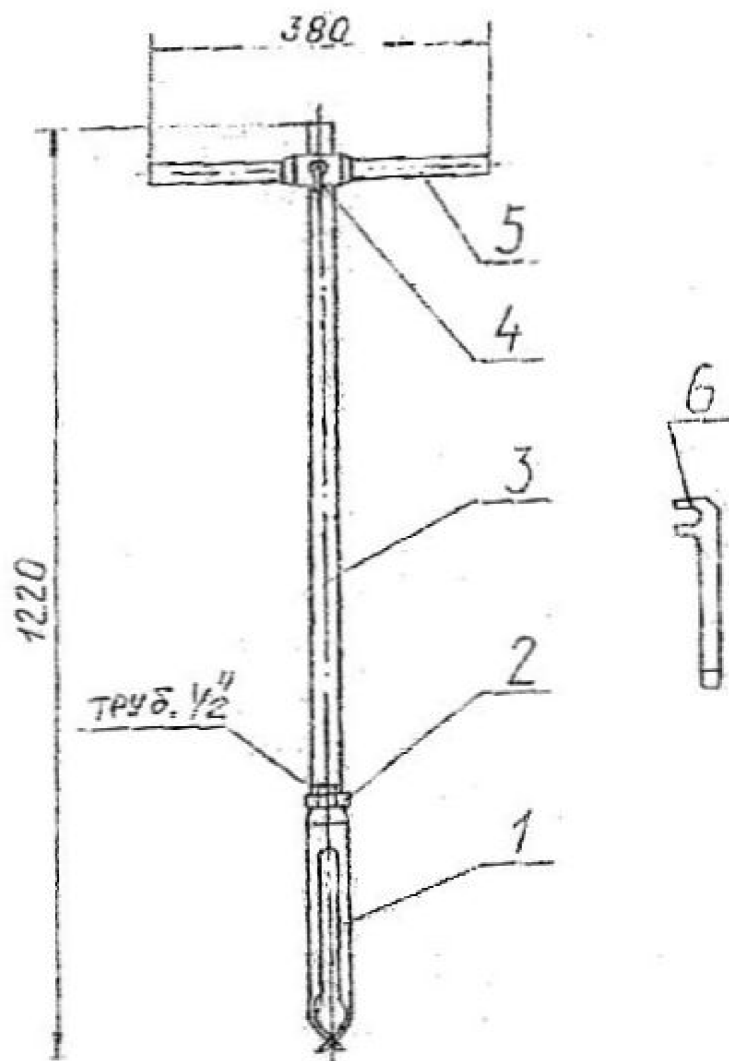
Приложение 1

Набор инструментов для определения плотности почвы буровым методом Качинского.



Набор состоит из стальных цилиндров-буров объемом около 100 см^3 (1) и около 500 см^3 (2) для взятия образца; направителя (10) для вертикального погружения цилиндра (малого) в почву; шомпола (8) для вдавливания цилиндра в почву; молотка (3) для забивания цилиндра в случае взятия образца из уплотненного горизонта; ножа (9), лопаточки (7) и совка (6) для выемки цилиндра с почвой и удаления излишков почвы, алюминиевых бьюксов с крышками (4, 5) для хранения взятого почвенного образца.

Бур почвенный АМ-26



Бур включает в себя :

- 1-заборная часть,
- 2-гайка
- 3-штанга
- 4-крепление ручки
- 5-ручка
- 6-ключ

Приложение 3

Оценка плотности почвы естественного сложения (по Качинскому Н.А., 1965)

Плотность почвы, г/см ³	Оценка
Менее 1	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0–1,2	Типичные величины культурной и свежевспаханной пашни
1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4–1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов почв
1,6–1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

Приложение 4

Оптимальные диапазоны плотности (по Бондареву А. Г., 1985)

Гранулометрический состав (текстура) почвы	Оптимальный диапазон плотности (г/см ³)
Глинистые и суглинистые	1,0-1,3
Легкосуглинистые	1,10-1,40
Супесчаные	1,20-1,45
Песчаные	1,25-1,60

Приложение 5

Оценка структуры и сложения пахотного слоя почв (по Кузнецовой И.В., 1979)

Содержание водопрочных агрегатов размером бо-	Оценка		Равновесная плотность сложения, г/см ³	Оценка плотности сложения
	Водопрочности структуры	Устойчивости сложения по структуре		
Менее 10	Неводопрочная	Неустойчивое	Более 1,5	Очень плотное
10...20	Неудовлетворительная		1,5...1,4	
20... 30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое	1,4...1,3	Плотное
30...40	Удовлетворительная	Устойчивое	1,3...1,2	Уплотненное
40...60	Хорошая		1,2...1,1	Оптимальное
60..75 (80)	Отличная	Высокоустойчивое	1,1...1,0	для большинства
Более 75 (80)	Избыточно высокая		Менее 1,0	Рыхлое (пашня)

Приложение 6

Оценка пористости (по Качинскому Н.А., 1965)

Пористость почв	%
почва вспушена	>70
отличная (культурный пахотный слой)	65–55
удовлетворительная для пахотного слоя	55–50
неудовлетворительная для пахотного слоя	50–40
чрезмерно низкая	40–25

Приложение 7

Оценка почвы от водопроницаемости

Коэффициент впитывания, мм/мин	Качественная оценка водопроницаемости
свыше 2,0	Очень высокая
2,0–0,5	Высокая
0,5–0,1	Повышенная
0,1–0,02	Средняя
0,02–0,005	Пониженная
0,005–0,001	Низкая
Менее 0,001	Очень низкая

Приложение 8

**Оценка водопроницаемости почвы (по Качинскому Н. А., 1965)
напор воды (H) = 5 см при температуре 10 °С**

Водопроницаемость, мм водного столба в первый час наблюдения (напор воды H = 5 см при температуре воды 10 °С)	Оценка водопроницаемости почвы
свыше 1000	провальная
1000–500	излишне высокая
500–100 выровненная по всей поверхности	наилучшая
100–70	хорошая
70–30	удовлетворительная
<30	неудовлетворительная