



Союз НИХИ

МЕТОДЫ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

Всесоюзный ордена Ленина научно-
исследовательский институт хлопководства
(СоюзНИХИ)

МЕТОДЫ АГРОФИЗИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВ
СРЕДНЕЙ АЗИИ

Издание 4-е дополненное

СоюзНИХИ
Ташкент — 1973

УДК 631.42

В настоящем 4-м дополненном издании освещаются следующие методы определения агрофизических свойств почв: механический анализ, агрегатный и микроагрегатный анализы, определение дисперсности, удельный и объемный вес, скважность (порозность); водные свойства: влагоемкость, водопроницаемость, влажность; определение воздушных свойств и состава почвенного воздуха; физико-механические свойства; определение группового состава коллоидно-илистых частиц в карбонатных почвах; измерение влажности прибором НИВ-2 (нейтронный индикатор влажности); методы изучения температурного режима и методы изучения теплофизических свойств почв.

Книга рассчитана на работников сельскохозяйственных научно-исследовательских учреждений, с.-х. Вузов и агрохим-лабораторий.

Редакционная коллегия:

С.Н.Рыков (ответ.редактор), Н.Ф.Беспалов, Н.И.Зимина,
А.П.Кензер.

О-4-4-3



Всесоюзный ордена Ленина
научно-исследовательский
институт хлопководства, 1973.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Значение физических свойств почв в агрономии

Физические свойства являются важными показателями, в значительной степени определяющие характер и направление всех процессов, протекающих в почвах.

Обеспечение растений водой, питательными веществами и воздухом тесно связано с физическими особенностями каждой почвы. Во многих случаях ими определяются интенсивность развития растений и высота урожая.

В условиях орошаемого земледелия при интенсивном возделывании культуры хлопчатника значение физических свойств почвы для сельского хозяйства еще более возрастает. Здесь наибольшее значение приобретают водные свойства: влагоемкость, водопроницаемость, динамика влажности, мобильность влаги и другие. При изучении поливного режима хлопчатника и при планировании поливных и оросительных норм нельзя обойтись без определения водных свойств.

Физиологически полезный запас воды, используемый растениями между двумя поливами, определяется как разница между запасами воды в состоянии полевой влагоемкости и нижним пределом оптимальной влажности, при которой необходимо давать полив. Следовательно, физиологически полезный запас представляет то количество воды, которое необходимо вливать в почву при каждом поливе.

Нижняя граница, до которой можно опускать влажность перед поливами в каждую фазу развития растения, обуславливается не только физиологическими их особенностями, но и свойствами почвы: водоотдачей, скоростью капиллярного передвижения, вододерживающей силой и т.д. Чем быстрее почвы отдадут и передвигают воду, тем ниже можно опускать влажность перед поливами.

Таким образом, без знания водных свойств почвы и водного баланса нельзя приступать к изучению поливного режима хлопчатника.

Не меньшее значение в условиях орошаемого земледелия имеет изучение водно-физических свойств и агрегатного состава почвы в связи с вопросами обработки. Известно, что приемы обработки почвы в первую очередь связаны с изменениями плотности сложения пахотного слоя и через плотность с их водными свойствами.

Накопление воды почвами и глубина их промачивания в зависимости от обработки, определяются величиной водопроницаемости и водоудерживающей способности.

Вместе с тем, при территориальных почвенных исследованиях и составлении почвенных карт в хлопковых хозяйствах — колхозах и совхозах, большое значение также имеет изучение основных показателей, водно-физических свойств почв и грунтов. Эти показатели необходимы для агрономической оценки качеств орошаемых и вновь осваиваемых земель в целях разработки и обоснования системы агротехнических и мелиоративных мероприятий, направленных на повышение плодородия почв. Словом, определение физических свойств почв совершенно обязательно как при изучении всех агротехнических мероприятий, так и при территориальных почвенных и мелиоративных исследованиях.

В настоящей работе описаны только основные методы определения физических свойств почв и из них наиболее доступные для условий массовых лабораторий, на основании которых можно решить большинство производственных вопросов на научной основе.

1. МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЫ

Механический анализ предназначен для определения в почвах и грунтах количественного соотношения (в процентах) частиц разного размера. Элементарные частицы, близкие по их размеру, объединяют в группы или фракции, количественное соотношение которых и характеризует механический состав почвы.

Определение механического состава важно для характеристики генезиса и агрономических свойств почв.

Различное содержание элементарных механических частиц (фракций) в той или иной почве оказывает неодинаковое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почв.

От механического состава почвы в значительной степени зависят многие физические свойства; сложение, порозность, водопроницаемость, влагоемкость, капиллярность и другие.

Механическим составом определяются также и технологические свойства почв, качество разделки пахотного слоя (крошение), удельное сопротивление почв при обработке и т.д.

МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ПИПЕТКИ

Для определения механического состава существуют различные методы, но в настоящее время наиболее широко распространен в лабораторной практике метод пипетки, в основу которого положено разделение мелкозема (частиц мельче 1 мм) на фракции механических элементов путем пипетирования (взятия проб суспензии с определенной глубины, через определенные промежутки времени) и улавливания более крупных механических элементов (фракций песка) на ситах.

ПРИМЕНЕНИЕ ЩАВЕЛЕВОКИСЛОГО НАТРИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ К МЕХАНИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ (по С.Н.Рыжову, 1935).

Механический анализ почвы складывается из двух частей: подготовки почв к анализу и разделения механических элементов на фракции по величине.

Цель подготовки почв к анализу состоит в том, чтобы разрушив агрегаты и пептизировав коллоидную часть почвы, полностью освободить сцементированные механические элементы. Большинство методов механического анализа различаются именно по способу подготовки их к анализу.

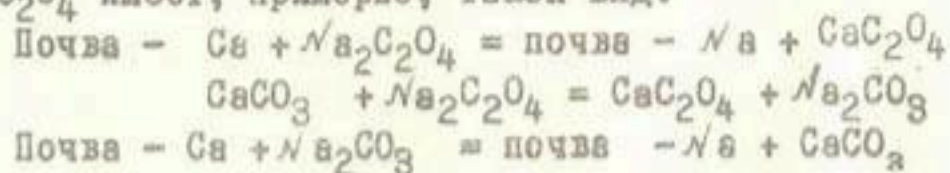
Со времени возникновения учения К.К.Гедройца о роли состава поглощенных оснований и коллоидальной части почв, вопрос о подготовке почв к механическому анализу принял другое (химическое) направление. Для наибольшего диспергирования, по учению К.К.Гедройца, все поглощенные основания почвы необходимо заменить на натрий, и тогда органическое вещество (часть его) и минеральная коллоидальная часть почвы пептизируется и почва теряет свою связность.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы найти способ наиболее быстрого и полного замещения всех поглощенных оснований на натрий. Для этого можно применять раствор NaCl , Na_2CO_3 и т.д.

Однако процесс насыщения и последующее отмывание почвы от большинства употребляемых солей довольно длительны. Наиболее удачно эти затруднения разрешаются при употреблении $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ который, вступая в реакцию с поглощенным Са, дает

нерастворимый осадок CaC_2O_4 , и реакция при наличии $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в растворе может идти до конца в сторону образования нерастворимого осадка.

Для карбонатной почвы схема взаимодействия почвы с $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ имеет, примерно, такой вид:



В карбонатных почвах, как видно из приведенной схемы, может образовываться сода, которая, реагируя с почвой, дает снова CaCO_3 . Таким образом, теоретически весь поглощенный кальций (и др. катионы) может обмениваться на натрий, если последний ввести в количестве, эквивалентном емкости обмена взятой почвы.

Исследования, проведенные С.Н.Рижовым (1935г.), показали, что если натрий взять 100% от емкости обмена, то не все поглощенные основания вытесняются и почва не получает той степени дисперсности, которая возможна при замене на натрий всех поглощенных оснований. Опыты показали, что натрий следует брать 200% от емкости обмена.

Подготовка почвы к анализу. При подготовке почвы к анализу, если почвы скелетные, в начале отделяют на ситах ее скелет: камни, хрящ, крупный песок и т.д.

Для этого берут среднюю пробу воздушно-сухой почвы весом 200–500 г (роговой ложкой, небольшими порциями, из образца почвы, рассыпанной тонким слоем на листе пергаментной бумаги).

Чем больше содержится в почве крупных элементов, тем большую берут навеску для анализа. Взятую среднюю пробу почвы осторожно растирают в фарфоровой ступке резиновым или деревянным пестиком с резиновым наконечником и затем небольшими частями (примерно 100 г) просеивают через сито с отверстиями в 1 мм.

Оставшуюся на сите часть почвенной пробы снова растирают и просеивают. Этот процесс продолжают до тех пор, пока на сите не останется почвенный скелет с прочно приставшими к нему частицами мелкозема. Для окончательного отделения ске-

леса приставших частичек мелкозема, скелет переносят из сита в глубокую фарфоровую чашку, приливают воды столько, чтобы сверху над скелетом был слой воды в 3-5 см и затем кипятят в течение одного часа, постоянно помешивая стеклянной палочкой. После кипячения скелет вместе с мутной жидкостью переносят на сито в 1 мм и промывают водой до полного осветления стекающей воды. Мутную воду, стекающую в процессе ее отмычки, сливают в фарфоровую чашку и выпаривают на водяной или песчаной бане, затем высушивают, растирают резиновым пестиком и смешивают с почвенной пробой, пропущенной через сито в 1 мм (мелкозем). Отмытый скелет высушивают и просеивают через набор сит с диаметром отверстий в 10, 5, 3 и 1 мм. Отсеянные на ситах элементы скелета взвешивают на технических весах и выражают их количество в процентах к взятой навеске сухой почвы. Результаты определения скелета почвы записывают по форме:

Скелет почвы (в % к взятой навеске)

Почва, вариант опыта	глубина, 1 см	Размер фракции скелета, мм				
		> 10	10-5	5-3	3-1	< 1

Подготовка навесок почвы к анализу по методу пипетки.

Из почвы, просеянной через сито с отверстиями в 1 мм, берут среднюю пробу 100-150г воздушно-сухой почвы, рассыпают тонким, равномерным слоем на стекле или листе пергаментной бумаги, делят шпателем на 8-10 равных частей (квадратов) и из каждого квадрата, с помощью роговой ложки отбирают небольшие порции почвы для составления средних пробо.

Для анализа берут две навески (взвешенные на аналитических весах): одну для определения механического состава - (20г почвы), другую (2-4г) для определения гигроскопической влажности (см. ниже определение гигроскопической влаги). Навеску почвы в 20 г переносят в фарфоровую чашку (засоленные почвы перед анализом необходимо отмыть от солей)^{х)}, приливают неко-

х) Навеску засоленной почвы в количестве 40-50г помещают в стакан или коническую колбу, емкостью 500-1000мл, заливают водой и отмывают декантацией до тех пор, пока не произойдет замедленной коагуляции суспензии. Затем почву в колбе встряхивают и переносят на воронку с фильтром, после чего отмывают дистиллированной водой до исчезновения реакции в промывных водах на Cl^- и SO_4^{2-} . После чего почву с фильтром высушивают, взвешивают и вычисляют содержание механических элементов на взятую навеску почвы без солей. Содержание солей (в %) записывается особой графой.

торое количество, в зависимости от емкости обмена анализируемой почвы (см. ниже), раствора щавелевокислого натрия и доливают столько воды, чтобы общий объем прилитого раствора и воды составлял 20 мл. Почву тщательно перемешивают стеклянной палочкой, затем переносят с помощью промывалки в коническую колбу с водой емкостью на 250 мл и подвергают часовому кипячению, затем охлаждают и содержимое из колбы пропускается через два сита с отверстиями 0,25 и 0,1 мм, вставленные одно в другое в литровой цилиндр для пипетирования. Остаток на ситах отмывают водой из водопровода с помощью резиновой трубки, снабженной стеклянным оттянутым наконечником. После отмывки фракции песка переносятся в фарфоровые чашки или сушильные стаканчики. Последние выпариваются, затем высушиваются в сушильном шкафу и взвешиваются. Пипетирование производят после того, как вода в цилиндре примет комнатную температуру.

Для измерения температуры воды одновременно устанавливают такой же цилиндр с дистиллированной водой, в котором путем погружения термометра, определяют температуру воды. При взятии проб суспензий для определения содержания частиц от 0,05 и меньше, от 0,01 и меньше, от 0,005 и меньше достаточно измерить температуру один раз перед взбалтыванием, при взятии четвертой фракции частиц $< 0,001$ мм температуру следует измерить трижды; после взбалтывания суспензии, в середине интервала отстаивания суспензии и перед взятием пробы. Среднюю из трех замеров температуры воды и принимают во внимание при определении срока взятия суточной пробы (табл. I).

Щавелевокислый натрий ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) рассчитывается в зависимости от емкости обмена почв следующим образом. Сначала устанавливается емкость обмена анализируемой почвы, затем прибавляется в виде раствора $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ с таким расчетом, чтобы натрий составлял 200% от емкости обмена данной почвы.

Значительное большинство почв Средней Азии по емкости

можно подразделить на следующие группы:

1. Сероземы давнего и нового орошения, среднего и тяжелого механического состава - от 6 до 12 м/экв.

2. Луговые давнего и нового орошения среднего и тяжелого механического состава - от 9 до 12 м/экв.

3. Лугово-болотные почвы среднего и тяжелого механического состава - от 12 до 16 м/экв.

Если, например, емкость обмена почвы 8 м/экв, то на 20 граммовую ее навеску потребуется

$$\frac{23 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 2}{100 \cdot 100} = 0,0736 \text{ г. Na.}$$

Здесь 23 - обозначает атомный вес Na;

20 - взятая навеска почвы;

2 - удвоенная емкость (Na берется 200% от емкости).

Таким образом, щавелевокислого натрия ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) требуется $134:46 = x:0,0736$. Откуда $x = 0,2144$ г. В этой формуле 134 - молекулярный вес $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; 46 - вес натрия в грамм-молекуле $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Целесообразно предварительно приготовить раствор щавелевокислого натрия из расчета 26,8 г соли на 1000 мл воды ^{x)}.

Тогда на каждый 1 м/экв. емкости обмена к 20 г навески почвы необходимо добавить по 1 мл раствора.

Например, при емкости обмена 12 м/экв следует на 20 г почвы прилить в фарфоровую чашку 12 мл раствора щавелевокислого натрия и 8 мл воды.

Понятно, что раствор щавелевокислого натрия можно приготовить в любой другой концентрации, но тогда смешивать раствор соли с почвой надо уже в других соотношениях, что легко вычислить по приведенным выше расчетам.

Разделение механических элементов почвы на фракции. Цилиндры с почвой перед пипетированием доливают дистиллированной водой

x) Если нет щавелевокислого натрия, то его можно приготовить следующим образом: 25-26 г щавелевой кислоты растворить в 700 мл дистиллированной воды и прилить 10%-й NaOH до слабощелочной реакции (до слабого порозовения с фенолфталеином, после чего раствор водой довести до литра).

точно до объема 1000 мл. Закрывают пришлифованным стеклом или пробкой и взбалтывают десятикратным переворачиванием цилиндра вверх дном и обратно для равномерного распределения в нем суспензии. В цилиндре с носиком без притертой пробки суспензию перемешивают специальной мешалкой, состоящей из металлической или стеклянной палочки длиной в 55 см, на конце которой укреплен резиновый круг диаметром в 5,5 см и с надрезами на краях.

Мешалку опускают до дна цилиндра, быстрым движением хорошо взмучивают осадок почвы на дне цилиндра и поднимают ее вверх до поверхности суспензии; потом плавным движением мешалки вверх и вниз взбалтывают суспензию в течение одной минуты. Затем цилиндры устанавливаются на стойке прибора (рис. I) и через определенные промежутки времени, в зависимости от температуры, берут пипеткой из цилиндра пробы объемом в 20-25 мл (табл. I).

Т а б л и ц а I

Глубина погружения пипетки и время взятия проб
для различных температур

Номер пробы	Глубина погружения пипет.	Интервалы для взятия проб суспензии в зависи- мости от температур						
		15°	17,5°	20°	22,5°	25°	27,5°	30°
1	25	123"	115"	108"	102"	97"	91,5"	86"
2	10	20'31"	19'22"	18'03"	17'01"	16'05"	15'14"	14'22"
3	10	1ч.22'	1ч.16'	1ч.12'	1ч.08'	1ч.04'	1ч.01'	57'24"
4	7	24ч.00'	22ч.28'	21ч.08'	19ч.56'	18ч.52'	17ч.50'	16ч.08'

Примечание: Знаком ' обозначены минуты, а знаком " секунды.

Понятно, что можно применять и Другую глубину погружения пипетки, но тогда изменяется и время взятия проб, что можно подсчитать по формуле Стокса:

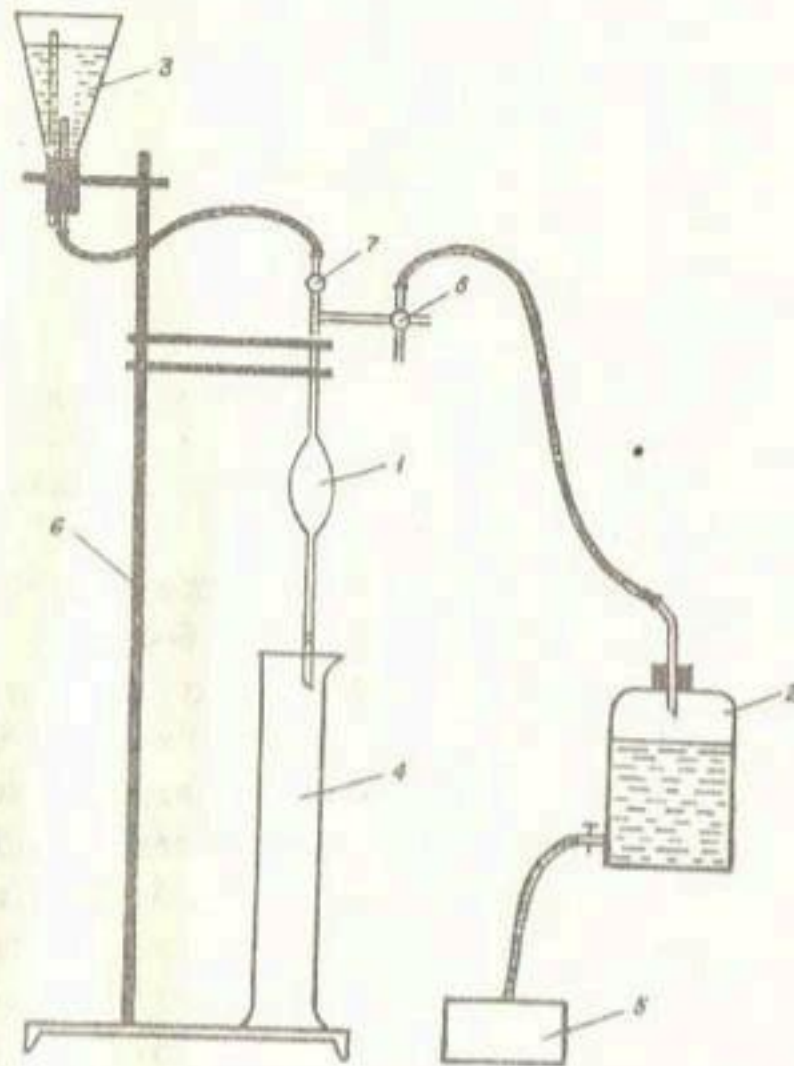


Рис. I. Схема установки для определения механического состава почвы методом пипетки.

1-пипетка; 2-аспиратор для засасывания суспензии, 3-колба с водой для промывания пипетки; 4-цилиндр с суспензией; 5-бак для сбросной воды; 6-штатив; 7-8 краны.

$$v = \frac{2}{9} g r^2 \cdot \frac{d_1 - d}{\eta},$$

где: v - скорость падения частиц, см/сек;

g - ускорение силы тяжести при свободном падении тела, равное 981 см/сек²;

r - радиус падающей частицы, см;

d_1 - удельный вес падающей частицы, г/см³;

d - удельный вес жидкости, в которой ведется анализ, г/см³;

η - вязкость жидкости.

После взятия каждой пробы содержимое в цилиндре взбалтывают снова.

Всего анализом определяется семь фракций: 1-0,25; 0,25-0,1; 0,1-0,05; 0,05-0,01; 0,01-0,005; 0,005-0,001; < 0,001 мм.

Вес первых двух фракций, наиболее крупных, определяется посредством отмывания на ситах; последних четырех фракций - пипеткой, а вес фракций 0,1-0,05 мм - вычисляется по разности между весом взятой почвы (20 г) и суммой шести фракций.

Взятие пробы суспензии осуществляется следующим образом. Цилиндр с суспензией устанавливают на стойке прибора и после взбалтывания подводят под пипетку, закрывают ее кран и за несколько секунд до взятия пробы в цилиндр опускают осторожно пипетку на требуемую глубину. По истечении времени, указанного в таблице, открывают кран пипетки и при помощи аспиратора в пипетку берут пробу суспензии. После того как в пипетку поступит определенный объем суспензии, аспиратор выключают, закрывают кран пипетки и тут же пипетку вынимают из цилиндра, путем поднятия ее на штативе вверх. Взятую пипеткой пробу суспензии осторожно сливают в фарфоровую чашку или сушильный стаканчик, смывают пипетку дистиллированной водой в ту же чашку. Содержимое в чашках выпаривают на водяной бане, высушивают в сушильном шкафу при температуре 105° в течение 6 часов. Охлажденные чашки с суспензией в эксикаторе взвешивают на аналитических весах и определяют вес взятой пипеткой фракции почвы.

Механический анализ, как правило, проводится в дву-кратной повторности.

Запись анализа рекомендуется вести по следующей форме.

[illegible]

Подсчет результатов механического анализа почв.

Содержание песчаных фракций, отмытых на ситах; I-0,25 и 0,25-0,1 мм вычисляется по уравнению:

$$B = \frac{P \cdot 100}{20},$$

где: В- процентное содержание фракции;

P — вес фракции, г;

20- навеска почвы, г

Как указывалось выше при пипетизировании суспензий в первой пробе берется сумма 4 фракций от 0,05 мм и меньше

во второй	"	3	"	0,01 мм	"
в третьей	"	2	"	0,005 мм	"
в четвертой	"	1	"	<0,001 мм.	

При вычислении вес каждой фракции определяется вычитанием веса последующей пробы из веса предыдущей пробы. Например, при вычислении фракции 0,05-0,01 мм, из веса первой пробы вычитается вес второй пробы, тогда разность покажет вес данной фракции во взятом объеме суспензии.

Процентное содержание каждой фракции (В) определяется по уравнению:

$$B = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{20 \cdot 25},$$

где: Р- вес данной фракции во взятом объеме суспензии, г;

20- навеска почвы, г;

25- объем, взятой пипеткой суспензии, мл:

1000-общий объем суспензии, мл.

Фракция 0,1-0,05 мм определяется по разности между навеской почвы и суммой полученных фракций.

Полученные данные механического анализа сво-

дятся в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Механический состав почв, % к весу сухой почвы

Почва, вариант опыта	Глу- бина, см	Размер фракций, мм							Сумма частиц, <0,01
		1- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	

Типичный серозем	0-10	1,34	3,09	11,13	34,48	15,16	19,36	15,14	49,96
	10-27	1,29	3,29	11,44	34,96	15,00	18,86	15,16	49,02

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕКСАМЕТАФОСФАТА НАТРИЯ ПРИ
МЕХАНИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ КАРБОНАТНЫХ И ЗАСОЛЕННЫХ
ПОЧВ (по М.И.Братчевой,1957)

В настоящее время в лабораториях Средней Азии при механическом анализе почв широко применяется в качестве диспергатора гексаметафосфат натрия.

Этот диспергатор впервые был предложен американским исследователем Тинером (Е.Н.Тупеэ, 1939). М.И. Братчева (1957), сравнивая различные способы подготовки карбонатных незасоленных почв к механическому анализу, установила, что диспергаторы гексаметафосфат натрия и щавелевокислый натрий (оксалат-натрия) дают одни и те же результаты.

Однако при механическом анализе засоленных и гипсированных почв (с содержанием солей по плотному остатку 0,3-0,4%) гексаметафосфат натрия обладает свойствами предотвращать коагуляцию суспензии, что намного сокращает затраты времени на проведение механического анализа в сравнении с другими применяемыми диспергаторами, при которых необходима предварительная отмывка легкорастворимых солей и гипса до отсутствия реакции на Cl и SO_4 .

Х о д а н а л и з а. Взятую обычным способом среднюю пробу почвенного образца растирают в ступке резиновым пести-

ком и просеивают через сито с отверстиями в 1 мм. Если всю пробу не удастся растереть и на сите при просеивании остаются каменистые и другие включения, то их описывают, взвешивают и для вычисления процентного их содержания взвешивают и мелкозем.

При анализе засоленных почв из мелкозема, в зависимости от содержания солей, берут навеску почвы в 30-40 г и для отмычки солей помещают ее в стакан, емкостью в 400-500 мл. При необходимости параллельного определения механического состава навеску для отмычки солей следует увеличить до 40-50 г и соли отмывать так, как это описано при механическом анализе с щелочными натрием. В целях ускорения, соли из почвы отмывают декантацией до тех пор пока при последующем взмучивании почвы с водой не произойдет незамедлительной коагуляции суспензии. Затем почву постепенно переносят на воронку с предварительно взвешенным фильтром и продолжают отмычку солей до почти отрицательной реакции на Cl^- и получения однородной слабой муты при последовательных реакциях на SO_4^{2-} , указывающей на то, что из сульфатов в почве остался только гипс. Почву, отмытую от легкорастворимых солей, доводят до воздушно-сухого состояния, взвешивают вместе с фильтром для определения потери солей при их отмычке, затем почву очищают с фильтра в ступку, растирают резиновым пестиком и просеивают через сито с отверстиями в 1 мм. Из подготовленной, таким образом, пробы берут две навески: одну (20 г) для определения механического анализа, а другую (2-4 г) для определения гигроскопической влаги. Если почва не засолена или слабо засолена (сухой остаток в пределах 0,3-0,5%), то отмычку солей перед анализом не производят. Навеску почвы, взятую для определения механического состава, помещают в фарфоровую чашку и заливают ее раствором гексаметафосфата натрия^{х)}.

х) Диспергатор готовят растворением 35,7 г гексаметафосфата натрия и 7,94 г карбоната натрия в одном литре дистиллированной воды. Карбонат натрия используют как щелочной буфер, в целях предотвращения гидролиза гексаметафосфата в ортофосфат, что имеет место в кислых растворах. Если нет готового диспергатора гексаметафосфата натрия, его можно приготовить следующим образом: берут 125 г монопотрийфосфат ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) в платиновой чашке № 5 постепенно его нагревают в муфельной печи до 650° и поддерживают эту температуру 1,5 часа. При такой температуре образуется гексаметафосфат — прозрачная, вязкая жидкость. Затем платиновую чашку вынимают из муфельной печи и гексаметафосфат натрия быстро охлаждают, выливая его узкими полосками на чистую мраморную плиту. Застывший гексаметафосфат натрия — прозрачное стекловидное вещество.

При анализе засоленных почв к 20 г предварительно отмытой от солей почвы приливают 20 мл диспергатора, а в случае анализа незасоленных почв — 10 мл диспергатора и столько воды, чтобы смоченная почва приобрела консистенцию жидкого теста. Смоченную почву 2–3 минуты тщательно перемешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником и после 15–20 минутного стояния переносят с помощью промывалки с водой в коническую колбу, емкостью в 250 мл, в которой и кипятят в течение одного часа. Из охлажденной суспензии перед пипетированием выделяют песчаные фракции, процеживанием через два ситечка с диаметром отверстий 0,25 и 0,10 мм, вставленные одно в другое и затем в литровый цилиндр. На первом сите задерживается фракция песка размером $>0,25$ мм, а на втором — песок от 0,25 до 0,1 мм.

Песок (для очистки от прилипших глинистых частиц) с помощью резиновой трубки, снабженной зажимом и стеклянным наконечником с оттянутым концом, промывают на ситечках струей воды, подаваемой из водопровода или из баллона, установленного выше рабочего места аналитика, при постоянном встряхивании сит рукой. В случае анализа гипсированных почв протирать песок на ситах не рекомендуется, так как при этом разрушается защитная пленка на кристаллах гипса, что увеличивает его растворение. Промывные воды собирают в цилиндр с суспензией.

К суспензии, свободной от песка, в том числе и от гипсового, добавляют такое же количество диспергатора, как и до кипячения, т.е. при анализе засоленных почв 20 мл и незасоленных 10 мл, объем суспензии доводят до 1 л и после обычного перемешивания (как указано выше при методе определения с применением щавелевокислого натрия) приступают к пипетированию.

При анализе почв, содержащих гипс, иногда между часовой и суточной пробой суспензия коагулирует, тогда добавляют еще 20 мл диспергатора, взбалтывают суспензию и по прошествии необходимого времени берут последнюю (суточную) пробу. Если и в этом случае суспензия коагулирует, то дают всей почве осесть и совершенно осветляющуюся жидкость сливают, а литровый объем суспензии восстанавливают раствором, содержащим в 1 л воды 20 мл диспергатора. Пипетирование этой суспензии проводят со следующей анализируемой партией.

Для внесения в результаты анализа корректирующих попра-

вок, последние определяют экспериментально для растворов, содержащих в 1 л воды 20, 40 и 60 мл диспергатора.

Делают это следующим образом: 20, 40 и 60 мл приготовленного диспергатора вливают в три литровых цилиндра и дистиллированной водой доводят объем раствора до литра. После тщательного перемешивания из каждого цилиндра берут пробы пипеткой, которой пользуются при механическом анализе. Пробы выливают в оттарированные стаканчики или чашки и после выпаривания и высушивания определяют их вес. В соответствии с дозой диспергатора, примененной при механическом анализе, в полученные результаты анализа вводится одна из трех весовых поправок. Практически, при подсчетах корректирующую поправку, соответствующую дозе диспергатора, примененной при анализе данной почвы, вычитают из веса последней пипеточной (суточной) пробы. Весовые поправки определяют для каждого нового раствора.

Расчеты результатов механического анализа, определение процентного содержания каждой фракции механического состава производят также, как это описано выше при механическом анализе с применением в качестве диспергатора щавелевокислого натрия.

Ниже приводим классификацию почв по механическому составу, предложенную Н.А. Качинским (1958), (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Классификация почв по механическому составу

Название	Содержание физической глины (частиц $\leq 0,01$ мм), %
Глина тяжелая	больше 85
" средняя	75-85
" легкая	60-75
Суглинок тяжелый	45-60
" средний	30-45
" легкий	20-30
Супесь	10-20
Песок связный	5-10
Песок рыхлый	0-5

Таким образом, по механическому составу выделяется девять основных разновидностей (от рыхлопесчаных до тяжело-глинистых). Кроме того учитывается также преобладание той или иной фракции: песчаной (1,0–0,05 мм), крупнопылевой (0,05–0,01 мм), пылевой (0,01–0,001 мм) и иловой (мельче 0,001 мм). При необходимости более детальной характеристики почв по механическому составу можно применять более подробную классификацию Н.А. Качинского (1965) с выделением дополнительных разновидностей почвы по двум преобладающим фракциям.

Визуальное определение механического состава почвы в полевых условиях

Для определения механического состава почвы в полевых условиях применяются следующие упрощенные способы, не требующие специальной аппаратуры: I способ. Сухой комочек почвы, размером в 3–5 мм, испытывается на ошупь между пальцами, или кладется на ладонь левой руки и втирается в кожу пальцами правой руки, затем слегка сдувается. Чем больше мелкоземистой части почвы остается втертой на коже ладони, тем почва тяжелее по механическому составу. Обычно песчаные и супесчаные почвы растираются легко и на ладони после ее растирания преобладают песчаные частицы; пылеватых и глинистых частиц мало. Среднесуглинистые и особенно тяжелосуглинистые и глинистые разновидности почв при растирании требуют более значительных усилий.

2 способ. Небольшая проба (3–5 г) размельченной почвы, смачивается водой и тщательно размешивается пальцами до тестообразной консистенции, вода при этом из почвы не отжимается. Из хорошо размятой и перемешанной почвенной пробы скатывают на ладони шнур, толщиной в 3 мм, а затем из него сворачивают колечко диаметром около 3 см.

По характеру скатывания шнура представляется возможным судить о различиях механического состава той или иной разновидности почв (табл. 4).

Описанные способы определения механического состава почвы, при тщательном их применении в полевых условиях, дают результаты очень близкие к лабораторному анализу.

Т а б л и ц а 4

Визуальное определение механического состава
почв (способом скатывания в шнур)

Механический состав почв и грунтов	Показатели раскатывания
П е с о к	При раскатывании шнур не образуется, проба распадается.
С у п е с ь	В процессе раскатывания шнур неустойчиво формируется и распадается на комочки различной величины.
Суглинок легкий	При раскатывании образуется шнур, но распадается на мелкие части (кусочки)
Суглинок средний	При раскатывании образуется шнур сплошной, но при свертывании в колечко растрескивается и разламывается.
Суглинок тяжелый	При раскатывании образуется сплошной длинный шнур, а при свертывании в колечко образует трещины.
Г л и н а	При раскатывании легко образуется сплошной тонкий шнур и при свертывании в колечко не дает трещин

2. АГРЕГАТНЫЙ И МИКРОАГРЕГАТНЫЙ АНАЛИЗЫ ПОЧВЫ

Под структурностью почвы понимают ее способность распадаться на различные по величине и форме отдельности (комочки) или агрегаты, состоящие из механических элементов, склеенные органическими и минеральными коллоидами почвы. Агрегаты диаметром больше 0,25 мм называют макроагрегатами, а мельче 0,25 мм микроагрегатами.

Агрономически ценной является только такая структура почвы, которая состоит из мелких комочков (агрегатов) величиной от 0,25 до 10 мм и обладающая устойчивостью против размывающего действия воды.

Такое состояние почвы, с высокой водоупорной прочностью комочков, создается приемами агротехники, направленными на оструктурирование почвы.

Структурная почва обладает благоприятными физическими свойствами, хорошей водопроницаемостью, высокой аэрацией, легко обрабатывается и т.п. Она обеспечивает наиболее оптимальный водный, воздушный и питательный режимы для нормального развития сельскохозяйственных культур.

Поэтому определение водоупорной прочности агрегатов или, просто, агрегатный анализ имеет большое значение для характеристики плодородия почвы и степени эффективного воздействия приемов на почву.

Агрегатный состав устанавливается путем просеивания определенной навески почвы в сухом состоянии на ситах с отверстиями различного диаметра, а прочность агрегатов определяется различными методами. Многие из них основаны на учете веса или количества сохранившихся водопрочных агрегатов после воздействия на них воды.

В лабораториях Средней Азии в основном применяют методы Г.И.Павлова и Н.И.Саввинова, последние описаны в этом разделе.

При выполнении анализа тем или иным методом необходимо учитывать следующее.

Прежде всего правильно взять образец в поле и подготовить его к анализу.

В зависимости от поставленной цели исследований и конкретного объекта, почвенные образцы берутся с поля в разные сроки и с различной глубины.

При изучении агрегатного состава и водоупорной прочности агрегатов, при различной глубине обработки почвы, образцы берутся после обработки, зяблевой вспашки — осенью и весной перед посевом.

При изучении влияния однолетних и многолетних культур на агрегатный состав и водоупорную прочность агрегатов образцы берутся после распахки их осенью и весной перед их посевом.

Образцы, почвы в поле берут буром (без нарушения структуры), цилиндром для объемного веса или лопатой из траншей (прикопок) при обязательном спелом состоянии почвы.

Пробы берут обычно из пахотного и подпахотного горизонтов, иногда пахотный горизонт делят по слоям (0-10, 10-20, см и т.д.) и анализ проводят для каждого слоя отдельно. Образцы берут на каждом участке в 5-10 местах.

Одновременно со взятием образцов на агрегатный анализ целесообразно провести определение объемного веса, скважности и водопроницаемости.

Взятые в нескольких точках (с одного участка) образцы смешивают по одноименным горизонтам, при смешивании крупные

комки разламывают осторожно пальцами руки на составные части (отдельности) величиной, примерно до 1 см. Затем почву доводят до воздушно-сухого состояния (в тени), берут образец в 1-2,0 кг, последний помещают в картонные или металлические коробки и направляют в лабораторию на анализ.

При территориальных почвенных исследованиях, в целях агрономической оценки почв, взятые образцы из каждой точки участка анализируют отдельно, а затем подсчитывают средние показатели по горизонту и участку.

Образцы почвы, взятые для анализа, хранятся в ненарушенном состоянии.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВ

по методу Г.И.Павлова^{x)}

1. Подготовка почвы к анализу. Из образца почвы, доведенного до воздушно-сухого состояния, берут среднюю навеску в 20 г, считая на абсолютно сухую почву. Чтобы получить лучшую сопоставимость при параллельных определениях, рекомендуется отсеивать фракцию 3-1 мм (или лучше 3-2 мм); из этой фракции берут среднюю пробу по 20 г.

Отсеивание агрегатов производят следующим образом: из образца почвы, взятого в поле, берут среднюю пробу в 1-2 кг^{xx)} и пропускают небольшими порциями через сита с отверстиями в 3 и 1 мм, или 3-2 мм, вставленные одно в другое, сверху закрывают крышкой, а внизу надевают поддоны.

Оставшиеся на ситах агрегаты крупнее 3 мм осторожно разламываются деревянным или резиновым пестиком в ступке и после чего снова пропускаются через сита. Просеивание почвы производят до тех пор, пока весь образец почвы пройдет через сита. Отсеянные агрегаты пересыпают в коробочку.

2.Ход анализа. Взятую навеску почвы 20 г без¹⁾ дополнительной подготовки опускают в литровый цилиндр^{xxx)}, наполненный на 3/4 водой и оставляют стоять в течение 10 минут.

x) С некоторыми изменениями по С.П.Рязову, 1951, 1952 гг.

xx) Если нет такого количества почвы, средняя проба почвы может быть взята в 0,5 кг, но не меньше.

xxx) Цилиндры берутся употребляемые для мех.анализа, но отрезанные по метке - точно на литр.

За это время вода заполнит все скважины агрегатов и вытеснит из них воздух. Через 10 минут цилиндр заливают водой доверху и закрывают шлифованной стеклянной пластинкой или рукой. Для нарушения связи между агрегатами и равномерного распределения суспензии содержимое в цилиндре перемешивают 10-кратным переворачиванием цилиндра на 180° в течение 55 секунд. Каждое переворачивание цилиндра длится примерно 5 секунд, пока основная масса почвы не упадет вниз. Затем агрегаты разделяются на фракции просеиванием на ситах и пипетированием. Пипетирование и просеивание на ситах проводят следующим образом. После последнего взбалтывания цилиндр оставляется в покое и из него через определенные промежутки времени и с разной глубины берутся пипеткой (пипетка для механического анализа) пробы по 20–25 мл. Взятая проба (суспензия) сливается в сушильный стаканчик или фарфоровую чашечку. Жидкость из стаканчика выпаривается на водяной бане, оставшаяся в нем почва высушивается при $100-105^\circ$ и взвешивается. Делается это точно также, как и при механическом анализе. Могут быть рекомендованы следующие величины интервалов и глубины погружения пипетки для взятия проб суспензии в зависимости от температуры, вычисленные по уравнению Стокса (табл.5).

Т а б л и ц а 5
Величина интервалов и глубина погружения пипетки
для взятия проб суспензии

Глубина погружения пипетки, см	15°	$17,5^\circ$	20°	$22,5^\circ$	25°	$27,5^\circ$	30°
25	123"	115"	108"	102"	97"	91,5"	86"
10	20*31"	19*22"	18*03"	17*01"	16*05"	15*14"	14*22"

Всего пипеткой берут две пробы: с глубины 25 и 10 см. В первой пробе берется сумма фракций менее 0,05 мм, во второй пробе – сумма фракций менее 0,01 мм.

Поэтому при вычислении содержания фракций 0,05–0,01 мм следует из веса первой пробы вычесть вес второй, разность покажет вес данной фракции во взятом объеме суспензии (25 мл).

Процентное содержание фракции (В) вычисляется по уравнению:

$$B = \frac{a \cdot 1000 \cdot 100}{20 \cdot 25} ,$$

где: a — вес сухого остатка по взятой пробе, г;

20 — навеска почвы, г;

25 — объем взятой пипеткой суспензии, мл;

1000 — общий объем суспензии, мл.

Следовательно, пипеткой определяются только две фракции: 0,05–0,01 мм и менее 0,01 мм. В этой части анализ называется микроагрегатным.

После взятия первой пробы содержимое цилиндра не взбалтывается, как в механическом анализе. Время взятия второй пробы считается от начала оставления цилиндра в спокойном состоянии.

Состав более крупных фракций (крупнее 0,25 мм) определяется просеиванием подготовленной указанным способом почвы на ситах в воде. Для этого подготавливается ванна (глубокий таз или ведро) с водой и сита с отверстиями в 1 мм и 0,25 мм. Внизу ставится сито в 0,25 мм, а сверху в него вставляется сито в 1 мм. В таком виде сита погружаются в ванну с водой, уровень которой должен быть не выше 5–6 см над бортом верхнего сита.

Как только взята пипеткой последняя фракция, немедленно почва из цилиндра переносится на сита, установленные в ванне. Для этого цилиндр закрывают стеклянной пластинкой, переворачивают на 180° и погружают в воду над ситами, стеклянную пластинку под водой убирают и круговым движением цилиндра почву равномерно распределяют на поверхности верхнего сита.

Когда крупные частицы почвы опустятся на верхнее сито, примерно через одну минуту, цилиндр под водой закрывают стеклянной пластинкой и убирают. Затем сита приподнимаются (но не вынимаются из воды полностью), плавными движениями вверх и резкими вниз 10 раз встряхиваются в воде. В результате таких движений почва просеивается через два сита. Агрегаты, обладающие прочностью, остаются на ситах, а размытые водой проходят через оба сита в ванну. После чего сита вынимаются, почва с них смывается в фарфоровые чашечки, высушивается сначала на водяной бане (или осторожно на песчаной), а затем в сушильном шкафу при 105° . Чашечки должны быть пред-

варительно пронумерованы и взвешены на весах.^{х)}

Запись рекомендуется вести по следующей форме:

Почва, вари- ант опыта	Глу- бина, см	Номер чаш- ки	Вес чаш- ки	Размер фракции, мм	Вес ча- шечки с сухой фракцией, г	Вес сухой фракции, г	Содержа- ние проч- ных агре- гатов, %
---------------------------------	---------------------	---------------------	-------------------	--------------------------	---	-------------------------------	--

После высушивания чашки с фракцией охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Результаты вычисляют в процентах к весу сухой почвы:

$$x = \frac{a \cdot 100}{20},$$

где: x — процентное содержание фракции;

a — вес фракции в сухом виде, г;

20 — навеска, взятая для анализа, г.

Эта часть анализа называется макроагрегатным. Им определяются водопрочные агрегаты размером 0,25–I мм и крупнее.

Фракция меньше 0,25 мм определяется по разности. Для этого из общей навески почвы в 20 г (100%) вычитается сумма прочных фракций 0,25–I мм и крупнее I мм.

Величина фракции мельче 0,25 мм представляет общую сумму непрочных агрегатов.

Таким образом, в результате макроагрегатного и микроагрегатного анализов определяются следующие фракции агрегатов:

крупнее I мм; I–0,25 мм; 0,05–0,01 мм; мельче 0,01 мм.

Фракция 0,25–0,05 мм вычисляется по разности между весом всех фракций и взятой навеской почвы. Повторность определения водопрочности агрегатов — трехкратная.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ МАКРОСТРУКТУРЫ ПОЧВ по методу Н.И.Саввинова

Этот метод разработан на основе методов Г.И.Павлова

х) Г.И. Павлов (1930). Рекомендует, агрегаты крупнее 0,25 мм, задержавшиеся на ситах после их купания в воде, высушивать до воздушно-сухого состояния и просеивать на ситах.

и А.Ф.Тюлина.

Анализ складывается из двух частей.

1. Определение содержания в почве агрегатов различного размера путем просеивания ее в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание)^{х)} и 2. Определение количества водопрочных агрегатов — фракционированием почвы на ситах в воде (мокрое просеивание).

1. О п р е д е л е н и е с о д е р ж а н и я в почве агрегатов различного размера (сухое просеивание). Взятый в поле средний образец почвы в количестве 2,5 кг доводят в лабораторных условиях до воздушно-сухого состояния^{хх)} и осторожно просеивают через набор сит с диаметром отверстий: 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5, и 0,25 мм, собранные в одну колонку. Перед просевом почвы снизу на последнее сито надевают поддон, а на верхнее сито насыпают пробу почвы и сверху закрывают крышкой.

Почвы просеивают небольшими порциями примерно по 100–200 г избегая сильных встряхиваний, чтобы не разрушить отдельные агрегаты (комочки при просеивании). При разъединении сит, каждое из них слегка постукивают ладонью по ребру, чтобы освободить застрявшие в отверстиях агрегаты. После просеивания задержавшиеся на каждом сите и в поддоне фракции агрегатов переносят в фарфоровые чашки или сушильные стаканчики и взвешивают на теххимических весах, а затем вычисляют процент каждой фракции отдельно, ко взятой общей пробе почвы — 2,5 кг, последнюю принимают за 100%.

2. О п р е д е л е н и е в о д о п р о ч н о с т и макроагрегатов почвы (мокрое просеивание). Для определения водопрочных агрегатов из отсеянных фракций составляют среднюю навеску почвы в 50 г, пропорционально процентному содержанию каждой фракции, кроме фракции менее 0,25 мм, которая также входит в расчет навески, но фактически в навеску для анализа не берется (так как эта фракция в процессе анализа будет забивать сито с более мелкими отверстиями). В этой части анализ дает представление о выходе агрегатов различного размера без подразделение их на прочные и непрочные и носит название — агрегатного или структурного анализа почв.

хх) Если встречаются комки их разламывают пальцами на отдельные части величиной в диаметре 1 см.

тиями).

Для определения частей навески (в граммах каждой фракции от процентного содержания ее в почве) пользуются уравнением:

$$P = \frac{a \cdot 50}{100},$$

где: P — вес фракции, г;

a — выход фракции, %

50 — средняя навеска для анализа, г.

Ниже приводится примерный расчет составления средней навески почвы для анализа.

Размер фракций, мм	Выход фракций при сухом просеивании, %	Навеска почвы для анализа, г
> 10	4	2,0
10-7	20	10,0
7-5	18	9,0
5-3	8	4,0
3-2	6	3,0
2-1	7	3,5
1-0,5	5	2,5
0,5-0,25	10	5,0
< 0,25	22	—
всего	100	39

Если к средней навеске почвы, равной 39 г, прибавить половину процентного содержания фракции < 0,25 мм, соответствующей 11,0 г, получим навеску, равную 50 г. Средние пробы берутся не менее, чем в двух повторностях.

Подготовленную таким образом среднюю пробу осторожно переносят в литровый цилиндр, наполненный водой на 3/4 объема и оставляют на 10 минут в покое для вытеснения пузырьков воздуха. Для более полного удаления воздуха через 1-2 минуты после переноса пробы почвы, цилиндр заливают водой до его объема, закрывают прилифованным стеклом, наклоняют до горизонтального положения и опять ставят вертикально. Через 10

минут цилиндр, закрытый стеклом, быстро переворачивают вверх дном и держат в таком положении несколько секунд, пока основная масса агрегатов не опустится вниз. Затем цилиндр переворачивают обратно и опять ждут, пока почва не осядет на дно. Так повторяют 10 раз.

После этого цилиндр, закрытый стеклом, быстро опрокидывают над колонкой сит, установленных в воде в широкой цилиндрической ванне. Сита должны быть установлены так, чтобы над бортом верхнего сита находился слой воды в 5-6 см.

Цилиндр в воде быстро открывают и вынимают стекло, а затем плавным круговым движением цилиндра, не вынимая его из воды, распределяют почву на поверхности верхнего сита^{х)}. Через одну минуту, когда все отдельные крупнее 0,25 мм упадут на сито, цилиндр закрывают в воде стеклом, вынимают из воды и отставляют, а задержавшуюся на верхнем сите почву просеивают. Просеивание производят следующим образом: набор сит поднимают на 5-6 см в воде, не обнажая комков почвы на верхнем сите, и быстрым отрывистым движением сита опускают вниз на 3-4 см, и в таком положении оставляют 2-3 сек. Затем снова медленно поднимают на 3-4 см и быстро опускают на ту же глубину. После 10 встряхиваний верхние два сита осторожно снимают (не вынимая остальных сит из воды), а нижние сита дополнительно встряхивают еще 5 раз и потом вынимают из воды. Оставшиеся на ситах агрегаты почвы смывают, в начале в большую фарфоровую чашку, емкостью 1000 мл, струей из промывалки или из водопровода с помощью резиновой трубки со стеклянным оттянутым наконечником, а затем переносят в маленькие фарфоровые чашки. Отстоявшийся избыток воды сливают и выпаривают на водяной или песчаной бане. Выделенные фракции почвы высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают. Вычисление водопрочных агрегатов производят по каждой фракции отдельно по отношению к средней взятой навеске - 50 г. Для этого вес каждой полученной фракции в граммах увеличивают в 2 раза и получают процентное содержание этой фракции в почве.

х) Набор сит для определения водопрочности агрегатов состоит из сит диаметром в 20 см., высотой бортов 3-4 см и с отверстиями 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм.

Если расчет ведут на абсолютно-сухую почву, то выделенные фракции в фарфоровых чашках (после их выпаривания) высушивают в сушильном шкафу при $100-105^{\circ}$ в течение 6 часов, а затем для контроля сушат еще 2 часа. В этом случае одновременно со взятием навески для анализа, берут и навески почвы на гигроскопическую влажность для пересчета на абсолютно сухую почву.

В тех случаях, когда во фракции агрегатов, выделенных после их купания на ситах в воде, встречаются механические элементы (скелет) крупнее 0,25 мм, в данные полученных фракций при окончательном подсчете необходимо вносить поправку на присутствие в нем скелета. Для этого фракцию, находящуюся в фарфоровой чашке после ее высушивания и взвешивания, заливают водой и осторожно растирают каучуковой пробкой. Затем содержимое чашки переносят на сито с отверстиями, соответствующее размеру данной фракции и промывают водой. Оставшиеся на сите крупные механические элементы высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают. При вычислении из первоначального веса данной фракции вычитают вес механических элементов и по разности определяют вес водопрочных агрегатов, а затем выражают их в %.

Повторность определения трехкратная. Запись анализа рекомендуется вести по форме, указанной выше в разделе - определение водопрочности по Г.И.Павлову.

Агрофизический институт (П.В.Вершинин, И.Б.Ревут, 1969) предложил упрощенный вариант метода Саввинова, в котором полностью исключена обработка образца в цилиндре водой.

Составленную навеску переносят сразу на верхнее сито колонки, погружают постепенно в бачек с водой и оставляют почву в спокойной воде на 1 час для размокания. Затем производят десятикратное опускание и подъем колонки сит в воде, после чего колонку сит опускают на дно бачка, верхние два сита вынимают, а остальные оставшиеся сита с почвой купают еще 5 раз. Оставшиеся на ситах агрегаты смывают в чашки и высушивают при температуре не выше 60°C , взвешивают и подсчитывают процентное содержание данной фракции в почве.

МАКРОАГРЕГАТНЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВ МЕТОДОМ КАЧАНИЯ СИТ по И.М.Бакшееву^{х)}

Метод разработан И.М.Бакшеевым под руководством М.Г.Чижевского и в последующем усовершенствован А.Н.Киселевым и В.П.Некрасовым.

Принцип метода основан на просеивании навески почвы через набор сит с отверстиями различного диаметра в воде. В отличие от описанных выше методов Г.И.Павлова и Н.И.Саввинова, здесь качание сит производится при помощи электромотора, что исключает различное субъективное воздействие при ручном просеивании.

О п и с а н и е п р и б о р а. На полый стойке, укрепленной на металлической подставке, имеется два круглых гнезда, в каждое из которых вставлен металлический цилиндр. Вверху стойки смонтирован электромотор на 127 или 220 вольт. В нижней ее части имеется штепсельная розетка для подключения прибора в электрическую сеть и кнопка для включения прибора в действие.

Мотором через посредство шестерен приводятся в движение шатуны, соединяющиеся с гнездами цилиндров. С включением мотора цилиндры начинают совершать качательное движение в ту и другую стороны под углом 45° . Прибор может работать на двух скоростях, одно или два качания в минуту. Для перевода прибора с одной скорости на другую имеется две шестеренки разных диаметров. Обычно работу проводят на скорости одно качание в минуту.

Дно цилиндра конусообразной формы, в центре имеет отводную трубку — "хоботок" из небьющегося стекла с миллиметровыми делениями. Нижнее отверстие "хоботка" закрывают резиновой пробкой.

В процессе анализа в "хоботок" оседают частицы почвы меньше 0,25 мм. Сверху цилиндр герметически закрывается навинчивающейся крышкой с резиновой или асбестовой прокладкой для предохранения от просачивания воды при работе прибора. В центре крышки — два отверстия, закрывающиеся общим

х) А.Ф.Вадюнина, З.А.Корчагина. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. Госиздат "Высшая школа", М., 1961.

навинчивающимся колпачком. Одно отверстие служит для выхода воздуха из цилиндра при наполнении его водой. Через второе отверстие наливается вода.

В цилиндр вставляют набор сит с диаметром отверстий 5; 3; 1; 0,5; 0,25 мм (сита употребляют и диаметром 10–12 мм), вставленных одно в другое, а верхнее имеет ручку. Взяв за эту ручку и поворачивая против часовой стрелки, набор сит вводят в цилиндр или вынимают из него (цилиндры должны быть занумерованы).

Для того, чтобы поместить почву в цилиндры и вынуть из них после окончания анализа, цилиндры вынимают из гнезда прибора и устанавливают в гнезда деревянных подставок или реек, применяемых для установки воронок при фильтровании.

В приборе имеются два цилиндра, что представляет возможность проводить анализ с двумя почвенными образцами. Подготовка почв к анализу. Берут среднюю пробу почвы в количестве 1–2 кг, доведенную до воздушно-сухого состояния и просеивают через набор сит с диаметром отверстий 5; 3; 1; 0,5; 0,25 мм. Из отсеянных фракций, по принципу, предложенному Саввиновым, составляют навеску для анализа весом 25 г. Одновременно берут для анализа средние навески для двух параллельных определений.

Х о д а н а л и з а. Перед определением проверяют работу прибора, а затем приступают к анализу. Для этого цилиндры вынимают из гнезд и устанавливают на подставки. Отвинчивают крышки, снимают с них колпачки. В цилиндры наливают воду до половины высоты бортика верхнего сита. Поворачивая набор сит в цилиндре против часовой стрелки, удаляют воздух, который может остаться под мелкими ситами.

Затем высыплют навеску почвы на верхнее сито. Цилиндр закрывают крышкой, в отверстие крышки наливают воду до полного заполнения цилиндра и закрывают отверстия колпачками. Цилиндры вставляют в гнездо прибора, включают мотор и отмечают время начала качания сит. Продолжительность качаний установлена в 12 минут. По прошествии установленного времени прибор выключают, цилиндры вынимают и устанавливают на подставке. Под каждый цилиндр подставляют сосуд. Вынимают пробку "из хоботка" цилиндра и воду с находящимися в ней частицами почвы меньше 0,25 мм сливают и собирают в подстав-

ленный сосуд.

Если требуется определить содержание частиц $< 0,25$ мм, то собранную суспензию профильтровывают и остаток высушивают. После этого от цилиндров отвинчивают крышки и вынимают сита; для этого берут за ручку сита и поворачивают весь набор сит против часовой стрелки. Набор сит разбирают и почву с каждого сита смывают в отдельные фарфоровые чашки или сушильные стаканчики.

Смывание обычно производят слабой струей с помощью промывалки или резиновой трубки, соединенной с водопроводным краном.

Фракции в фарфоровых чашках высушивают до воздушно-сухого или абсолютно сухого состояния и затем вычисляют выход каждой фракции в процентах. Подсчеты и записи анализов производят так же, как это было описано в методе Саввинова.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОУПОРНОЙ ПРОЧНОСТИ ПОЧВЫ по методу Фадеева-Вильямса

Для определения прочности почвы по методу Фадеева-Вильямса через слой почвы, насыпанной в стеклянную колонку, снизу вверх, под напором, пропускается вода, которая по отводной трубке собирается в мерный цилиндр. Скорость тока воды сквозь почву определяется ее водоупорной прочностью. Чем прочнее почва, тем медленнее она размывается, тем сильнее идет вода и тем больше ее поступает в мерный цилиндр. По количеству поступившей воды за определенное время судят об относительной прочности агрегатов различных почв.

О п и с а н и е п р и б о р а . Прибор Фадеева-Вильямса представляет собой широкую стеклянную трубку (резервуар для почвы), сверху заткнутую пробкой с отводной трубкой. Снизу резервуар заканчивается трубкой, загнутой вверх. Загнутая трубка сверху заканчивается расширенным резервуаром для воды. В этом резервуаре поддерживается постоянный уровень воды, а избыток ее сбрасывается через контрольное отверстие. Установка из двух таких приборов показана на рис. 2.

Х о д о п р е д е л е н и я . В нижнюю часть резервуара насыпается слой стеклянных бус или гравия, сверху

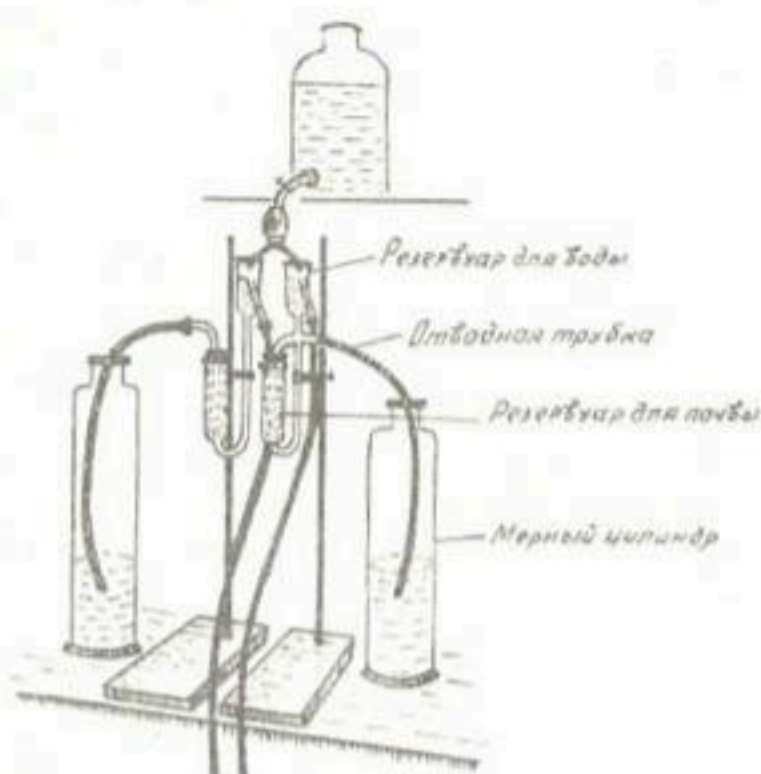


Рис. 2. Прибор Фадеева-Вильямса для определения прочности структуры почвы.

накладывается металлическая сетка, а на сетку насыпается доверху воздушно-сухая почва, предварительно просеянная через 2 или 3- миллиметровое сито. Почва насыпается с постукиванием сверху, закрывается пробкой с водоотводной трубкой. Затем два таких прибора монтируются на штативах и присоединяются к баллону с водой, который устанавливается на подставке выше приборов.

Из баллона пускается вода. Часть ее проходит через слой почвы и отводится в литровый мерный цилиндр, а часть обрасывается через контрольную трубку.

Ток воды из баллона должен быть таким, чтобы не переполнять резервуар с водой и чтобы вода в резервуаре была постоянно на одном уровне.

Прошедшая через слой почвы вода учитывается по мерному цилиндру. Первый отсчет делается через 5 минут, второй через 10 минут, затем через 30 минут и далее каждый час.

Наблюдение продолжается в течение 6 часов. За это время ток воды обычно стабилизируется, и в цилиндр поступает в единицу времени одинаковое количество воды. На этом анализ прекращается.

По количеству прошедшей воды судят об относительной водоупорной прочности почвы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОУПОРНОЙ ПРОЧНОСТИ АГРЕГАТОВ по методу Д.Г.Вилениского

Метод основан на размывании каждого отдельного агрегата почвы под действием капель воды из бюретки. По количеству воды в миллилитрах, пошедшей на размывание агрегата, судят о его водопрочности. Очевидно, чем выше прочность агрегата, тем больше расходуется воды на его размывание.

Х о д а н а л и з а . Из воздушно-сухой почвы отсеиваются на ситах агрегаты нужного размера (лучше размером 2-3 мм) и для определения водопрочности берут 50 агрегатов. Отдельный комочек (агрегат) помещается на особый специально изготовленный сосудик. (Рис.3).

Сосудик состоит из двух предметных стекол, скрепляемых ребрами под углом 90° с расстоянием между ними в 1 мм.

Перед началом анализа, испытываемый агрегат помещают над щелью в центре сосудика. В таком виде сосудик с агрегатом устанавливают под бюреткой (на деревянных подставках) на расстоянии (по высоте) 5 см от ее носика, а под сосудик ставится стакан для стекания воды. Затем открывают краник бюретки с таким расчетом, чтобы скорость вытекания воды равнялась 2 каплям в секунду.

Под воздействием капель воды агрегат почвы размывается. В этот момент краник бюретки закрывают^{Х)} и проводят отсчет израсходованной на разрушение одного агрегата воды. Вместо описанного выше сосудика можно употреблять обыкновенную металлическую сетку с отверстиями в 1 мм. В этом случае агрегат кладется на сетку и таким же способом размывается до полного разрушения.

Всего испытывается на водопрочность 50 агрегатов для каждого варианта опыта, или почвенной разновидности. Из 50 отсчетов выводится средняя величина, которая выражает количество воды (в миллилитрах), пошедшей на размывание одного агрегата.

^{Х)} конец размывания считают тогда, когда все частицы почвы пройдут через щель в 1 мм.

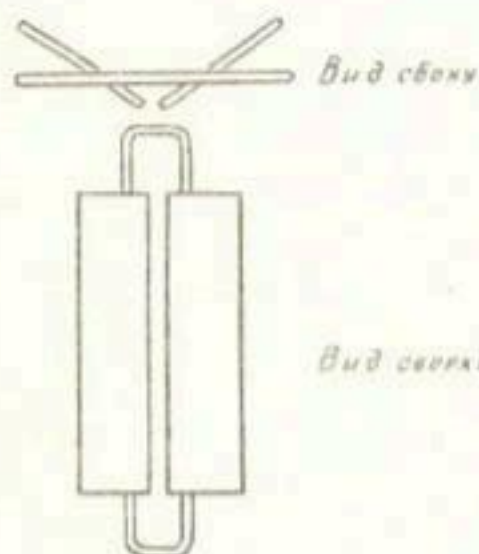


Рис. 3. Прибор Д.Г. Виленского для определения водопрочности комочков почвы.

Сероземные почвы орошаемой зоны требуют, примерно, от 0,5 до 2 мл воды на размывание агрегата размером 2-3 мм.

В дальнейшем для массовых определений водоустойчивости агрегатов Д.Г. Виленским (1938) был сконструирован специальный прибор, состоящий из сосуда Мариотта и присоединенной к нему широкой горизонтальной стеклянной трубки с отверстиями, к которым присоединены узкие, изогнутые коленом трубки с суженным кончиком, каждая трубка имеет два крана; верхним краном регулируют скорость вытекания воды, нижний — служит для

спуска воды. Вода подается из сосуда Мариотта в широкую трубку и вытекает каплями через отверстия узких трубок. Скорость вытекания воды принята 2 капли в секунду при объеме капель 0,03 мл. Ниже широкой трубки, под кранами закрепляются две стеклянные трубки диаметром 10 мм, соединенные металлическими обоймами таким образом, что щель между трубками точно 1 мм. Под трубками, против каждого крана, устанавливают мерные цилиндры емкостью 100 мл. Рис. 4.

Ход анализа. Берут 50 агрегатов желаемого размера и помещают на трубку над щелью по одному, против каждого крана. На каждый агрегат с высоты 5 см от кончика крана падают капли воды. Вода, прошедшая через щель, собирается в медные цилиндры под каждым агрегатом отдельно. Водоустойчивость определяется количеством воды, затраченным на размывание одного агрегата. Средняя величина водоустойчивости вычисляется из 50 агрегатов данной почвы.

Определение микроагрегатного анализа по методу Н.А. Качинского (1965).

Ход анализа. Навеску 10-30 г ^{х)} почвы (тем ^{х)} Для сравнения данных микроагрегатного состава с данными механического состава почв мы рекомендуем навеску брать в количестве 20 г (в пересчете на абсолютно сухую почву); одновременно берется навеска 4-5 г для определения гигроскопической влаги.

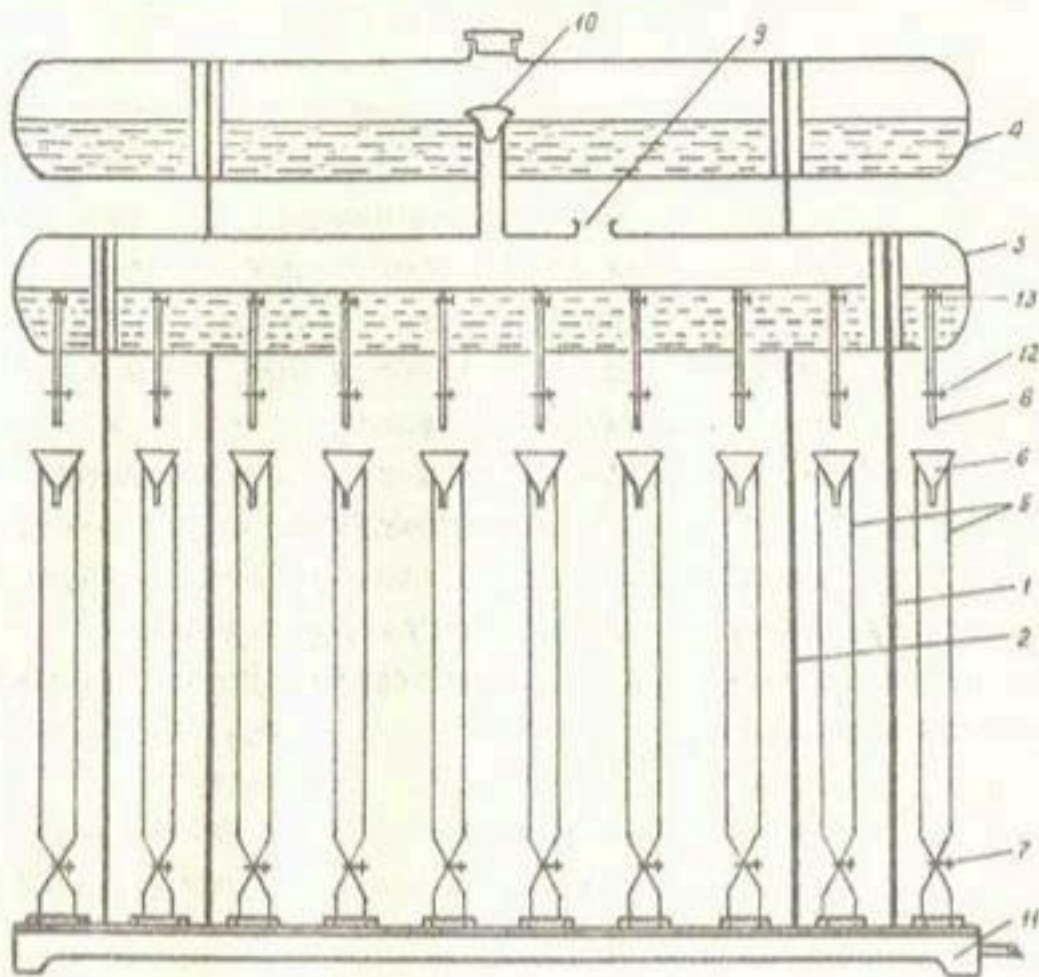


Рис. 4. Прибор Виленского для определения водопрочности,

1-передний штатив; 2-задний штатив; 3-4 -стеклянные резервуары; 5-измерительные цилиндры; 6-воронки; 7-10-12-13-краны; 11-основание прибора; 9-отверстие; 8-капельница.

больше, чем почва легче по механическому составу) отвешивают на аналитических весах из воздушно-сухой почвы, предварительно растертой пестиком с резиновым наконечником и просеянной через сито в 1 мм, помещают в бутылку с широким горлом, емкостью 500 мл. В бутылку вливают 250 мл дистиллированной воды и оставляют на 24 часа^{х)}. После этого закрытые резиновыми пробками бутылки помещают на мешалку с горизонтальными толчками и в течение двух часов встряхивают с интенсивностью 200 толчков в минуту (сто оборотных ударов). Затем содержимое бутылки переносится через сито с диаметром отверстий в 0,25 мм в литровый цилиндр (как при механическом анализе), доливается водой до 1-го литра и пипетируется. Взятие проб суспензии, дальнейший ход анализа (выпаривание, высушивание и т.п.), расчет фракций в процентах от веса сухой почвы и записи результатов анализа проводятся также, как при механическом анализе (см. раздел механического анализа почвы).

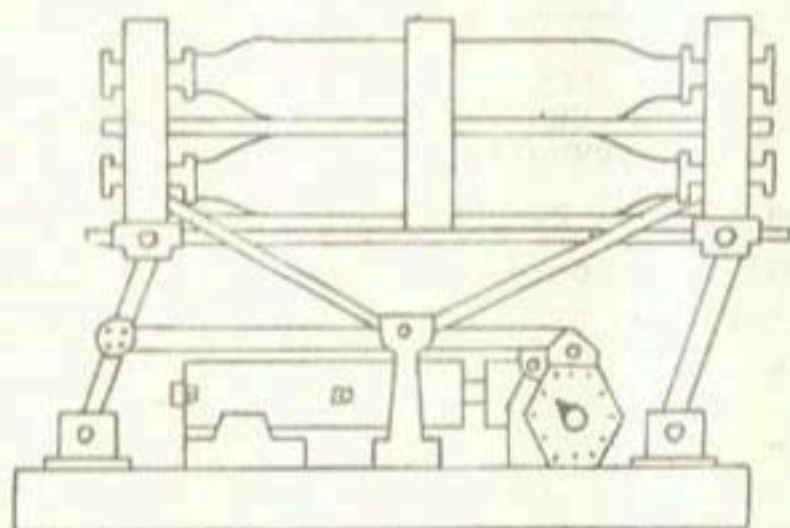


Рис. 5 . Схема прибора для встряхивания почвенной дисперсии (Н.А.Качинского)

На приборе одновременно подвергаются взбалтыванию 16 проб.

х) Анализ ведется одновременно в нескольких образцах.

При микроагрегатном анализе сильносолонцеватых почв, солонцов и солончаков, определенном с дистиллированной водой, всегда получается значительно больший выход пыли и ила, нежели при анализе с водной вытяжкой из той же почвы. Поэтому указанные почвы необходимо анализировать в водной вытяжке. Водная вытяжка готовится из той же анализируемой почвы при соотношении почвы к воде, равном 1:25.

Для получения 1 л вытяжки требуется 40 г почвы. Вытяжка получается в тех же условиях, в каких ведется микроагрегатный анализ: 40 г почвы, пропущенные через сито с диаметром отверстий в 1 мм, помещают в бутылку емкостью несколько больше литра, вливают 1 л воды и выдерживают 24 часа. Затем содержимое встряхивают вручную 5 мин; вытяжку отфильтровывают, последняя употребляется вместо дистиллированной воды во всех процессах анализа: размачивание почвы, перенос из бутылки в цилиндр. Доливание нескольких мл жидкости, недостающих в цилиндре до литра, восполняется дистиллированной водой.

Данные механического и микроагрегатного анализов почв позволяют вычислить показатели дисперсности и структурности почвы, характеризующие потенциальную способность ее к оструктуриванию.

3. ДИСПЕРСНОСТЬ ПОЧВЫ

Все механические элементы почвы связаны в агрегаты. Некоторые агрегаты легко размываются водой и переходят в свободное дисперсное состояние. Такие слабоагрегированные частицы, размером менее 0,001 мм, отмучиваемые водой без химического воздействия и растирания почвы, называются дисперсными.

Определение этих частиц производится также, как и при микроагрегатном анализе. Для этого из воздушно-сухой почвы берется навеска в 20 г (в пересчете на абсолютно сухую почву) и помещается в широкогорлые бутылки (типа молочных бутылей) куда приливается вода на 3/4 объема. Бутылки взбалтываются в течение одной минуты на ротаторе Багнера или же руками. Затем содержимое бутылей переносится в литровый цилиндр, доливается водой до черты и взбалтывается так же, как это делается при механическом анализе.

Через определенный промежуток времени пипеткой^{х)} берется проба частиц менее 0,001 мм. Глубина и срок взятия пробы указаны при описании механического анализа.

Результаты анализа вычисляются (в процентах к общей навеске абсолютно сухой почвы) так же, как при механическом анализе. Можно представлять их в виде коэффициента структурности:

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

где: K — коэффициент структурности;

a — процентное содержание частиц менее 0,001 мм, при механическом анализе;

b — процентное содержание частиц менее 0,001 мм, полученных при определении дисперсности.

Из уравнения видно, что чем слабее агрегированы почвенные частицы, тем меньше их коэффициент структурности и тем выше дисперсность.

Коэффициент структурности орошаемых земель Средней Азии составляет 50–70%, тогда как в черноземах он достигает 95–100%.

Дисперсность почв можно определять и из навесок сырой почвы. Например, при изучении почвы с полевых, вегетационных и лабораторных опытов часто возникает необходимость получить представление о дисперсности почвы различных вариантов опыта. Это определение лучше проводить в динамике, одновременно с определением нитратов.

Из тех же сырых образцов, взятых на нитраты, берется такая же навеска почв, обрабатывается и рассчитывается так же, как и при воздушно-сухой почве.

4. УДЕЛЬНЫЙ, ОБЪЕМНЫЙ ВЕС И СКВАЖНОСТЬ (порозность) почвы

Удельный вес твердой фазы почвы

Почва представляет собой неоднородное тело и состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Твердая представлена минеральными и органическими элементами, жидкая — водой с растворенными в ней соединениями (почвенный раствор), газообразная — воздухом.

Под удельным весом почвы понимают средний вес всех

^{х)} Употребляемой для механического анализа.

составных элементов (минеральных и органических) в единице объема твердой фазы, то есть удельный вес — это вес в граммах одного кубического сантиметра твердой фазы сухой почвы.

Величина удельного веса почвы зависит от минералогического состава и содержания в ней органических веществ. Известно, что минеральные частицы почвы имеют больший удельный вес, чем органические, поэтому удельный вес твердой фазы дает некоторое представление о составе почвы. Например, черноземы с высоким содержанием органического вещества имеют удельный вес 2,35–2,40, сероземы с малым содержанием гумуса — 2,70–2,75. Удельный вес для луговых и лугово-болотных почв сероземного пояса (с высоким содержанием органических веществ, примерно, колеблется от 2,50 до 2,60, удельный вес минеральных элементов почвы — от 2,60 до 2,80.

Знание величины удельного веса твердой фазы почвы необходимо для вычисления порозности почвы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВЫ

Удельный вес почвы определяется пикнометрическим методом. Пикнометр представляет собой стеклянный мерный сосуд с узким горлышком и притертой пробкой, различной величины и формы. Обычно используют пикнометры емкостью в 50–100 мл.

При отсутствии специальных пикнометров для определения удельного веса можно использовать мерные колбочки с узким горлышком и с притертой пробкой такого же объема.

Перед началом работы все пикнометры должны быть пронумерованы. Затем их моют, ополаскивают дистиллированной водой и высушивают в сушильном шкафу в течение двух часов.

После чего определяют вес пикнометра трехкратным взвешиванием, наполненного (до метки) дистиллированной водой, предварительно прокипяченной (в течение двух часов) для освобождения от воздуха и остуженной до комнатной температуры.

После взвешивания вода из пикнометра выливается, пикнометры высушиваются. Все взвешивания ведутся с точностью до

0,001 г. Воду следует готовить заранее и в больших количествах, емкостью 2-3 литра и хранить ее в колбах, закрытых пробками с хлоркальциевыми трубками, наполненными натриевой известью.

Подготовка почвы для анализа. Из образца почвы, доведенного до воздушно-сухого состояния, берут среднюю пробу 100-150 г, растирают в ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий в 1 мм. Если встречаются в почве крупные камни, то они отбираются, а остальные, содержащиеся в ней включения (мелкие корешки растений, крупный песок и т.п.) не отбрасывают, а размельчают и смешивают с мелкоземом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА НЕЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

Из подготовленного вышеуказанным образом почвенного образца берут средние пробы (четыре навески почвы); две отвешивают в баксы (сушильные стаканчики) для определения гигроскопической влаги - 4-5 г, две другие навески по 10-15 г каждая (в зависимости от объема пикнометра), помещают в сухие пикнометры для определения удельного веса.

Влажность определяют обычным способом высушивания в сушильном шкафу при температуре 100-105° до постоянного веса. Эту гигроскопическую влажность используют для расчета абсолютно сухой навески почвы, взятой для определения удельного веса почвы.

Вес абсолютно сухой почвы во взятой навеске вычисляется по следующей формуле:

$$a = \frac{m}{100 + w} \cdot 100,$$

где: a - вес абсолютно сухой почвы, г;

m - навеска воздушно-сухой почвы, г;

w - влажность почвы, %.

Пикнометр с почвой наполовину его объема наполняют дистиллированной водой, осторожно в нем перемешивают почву с водой и при помощи медленного кипячения на песчаной бане в течение 30 минут удаляют из почвы воздух (при этом необходимо следить за пикнометром и не допускать бурного кипения). После кипячения пикнометры с почвой и водой охлаждают в кри-

таллизаторе или оставляют открытыми на ночь для охлаждения до комнатной температуры.

На следующий день пикнометры доливают до метки кипяченой дистиллированной водой, закрывают пробками, с внешней стороны тщательно обтирают фильтровальной бумагой и взвешивают.

Для удаления из почвы воздуха часто применяют и другой способ, который заключается в следующем: пикнометры с почвой и водой после 11-12 часового стояния помещают в пустой вакуум (эксикатор с тубусом), из которого с помощью насоса выкачивают воздух до внутреннего давления в 160 мм и оставляют пикнометры в вакууме на 1-2 часа. По истечении указанного времени в эксикатор через кран впускают осторожно воздух и вынимают пикнометры, доливают их водой и в оставшей части определение проводят так же, как и при кипячении^{х)}.

Повторность определения удельного веса двух-трехкратная.

Удельный вес вычисляется по формуле:

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

где: d — удельный вес почвы, г/см³;

a — вес абсолютно сухой почвы, г;

c — вес пикнометра с водой, г;

b — вес пикнометра с водой и почвой, г;

Расчет производят с точностью до 0,01.

Определение считают удовлетворительным, если расхождение в двух параллельных определениях не превышает 0,02-0,03.

Запись рекомендуется вести по следующей форме:

Поч- ва, ва- риан- ты!	Глу- бина, см	Номер пикно- метра	Навес- ка поч- вы, г	Влаж- ность почвы, %	Вес аб- солют- но су- хой поч- вы, г	Вес пикно- метра, г с водой и поч- вой	Удель- ный вес почвы, г/см ³	Сред- нее
------------------------------------	---------------------	--------------------------	----------------------------	-------------------------------	--	--	--	--------------

х) Перед каждым взвешиванием пикнометр и его содержимое должны быть доведены до определенной температуры (20°) путем выдержки, в комнате или в воде с соответствующей температурой.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА ЗАСОЛЕННЫХ
ПОЧВ

Удельный вес засоленных почв (сухой остаток свыше 0,5%) определяют или после удаления из них основной массы легкорастворимых солей, или вместо воды применяют инертные жидкости — керосин, бензин, бензол, толуол и др.^{х)} Эти инертные жидкости хорошо смачивают почву, но не растворяют в ней соли.

Техника определения удельного веса с применением инертных жидкостей заключается в следующем: берут навеску почвы весом 10–15 г из предварительно подготовленного образца, помещают ее в бюкс или сушильный стаканчик и высушивают в сушильном шкафу при температуре 100–105°.

Высушенную почву из бюкса при помощи воронки с длинной трубкой быстро переносят в пикнометр, закрывают его пробкой и взвешивают на аналитических весах. Затем почву в пикнометре заливают инертной жидкостью слоем 5–10 мм над поверхностью почвы и оставляют на 10–12 часов или на ночь для вытеснения воздуха.

После чего пикнометр с почвой помещают на 1 час в вакуум — аппарат; по истечении указанного времени пикнометр вынимают из вакуума, приливают в него жидкости до верха (метки), закрывают пробкой, вытирают фильтровальной бумагой с внешней стороны и взвешивают.

Инертная жидкость, применяемая для анализа, должна быть чистой.

Если не известен удельный вес инертной жидкости, его необходимо определить. Для этого пикнометр наполняют жидкостью и взвешивают. Разделив вес жидкости на объем пикнометра, находят удельный вес жидкости при данной температуре.

При определении удельного веса почвы с помощью инертных жидкостей, во время взвешиваний необходимо поддерживать одинаковую температуру пикнометра с жидкостью и пикнометра с почвой и жидкостью. Необходимо все определения удель-

х) Долгов С.И. (1966) считает, что для засоленных почв правильнее определять удельный вес не с инертными жидкостями, а с водой после предварительной отмывки почв от легкорастворимых солей.

ного веса проводить в одной комнате, затененной от прямых солнечных лучей (по возможности с неизменяющейся температурой).

Вычисление удельного веса почвы с применением инертных жидкостей производят по следующей формуле:

$$d = \frac{a \cdot d_{жс}}{C_{жс} + a - B_{п-жс}},$$

где d — удельный вес почвы, г/см³;

a — навеска сухой почвы, г;

$C_{жс}$ — вес пикнометра с жидкостью, г;

$B_{п-жс}$ — вес пикнометра с жидкостью и почвой, г;

$d_{жс}$ — удельный вес жидкости.

Запись анализа проводят также, как и при определении удельного веса с водой.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ПОЧВЫ

Объемным весом называют вес сухой почвы^{х)} в единице объема с ненарушенным строением. Выражают величину объемного веса обычно в граммах сухой почвы в одном кубическом сантиметре (г/см³), иногда это же число обозначают в кг/л.

Объемный вес почвы зависит от механического состава, содержания органического вещества, структурного состояния и сложения. Определение объемного веса необходимо для вычисления скважности (порозности) почвы, а также абсолютных запасов воды и питательных веществ в том или другом слое почвы.

Объемный вес определяется в полевых условиях путем взятия из того или иного горизонта почвенных проб определенного объема без нарушения естественного ее сложения. Для этой цели употребляются металлические цилиндры (буры) различной высоты и емкости. Лучше употреблять цилиндрические бурики емкостью в 500 см³ (высотой 100 мм, с диаметром режущей части 87 мм) и в 200 см³ (высотой 50 мм с диаметром режущей части 71,4 мм).

Иногда при изучении агротехнических вопросов (глубины обработки, вспашки и т.п.) удобно определять объемный вес х) высушенной при 105–110°С.

цилиндрами емкостью в 1000 см³, высотой в 100 мм, диаметром 113 мм. У цилиндра определенного размера (для взятия пробы почвы) нижняя его часть заострена, и диаметр режущей части его на 1-2 мм меньше, чем его внутренний диаметр в верхней части. Сверху на этот цилиндр надевается кольцо, на которое при определении кладется небольшой деревянный брусок (для рассеивания нажима, удара и равномерного распределения воздействующей силы на все части цилиндра).

Перед началом работы определяют вес цилиндра, его высоту и диаметр режущей части цилиндра,^{х)} а затем вычисляют его объем по следующей формуле:

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

где V — объем цилиндра, см³;

π — 3,14;

r — радиус режущей части цилиндра, см;

h — высота цилиндра, см.

Техника определения. На наиболее характерном участке (делянке опыта) закладывается почвенный разрез на глубину, до которой требуется определить объемный вес почвы. Стенку разреза тщательно защищают и с помощью рулетки или сантиметра намечают отдельные генетические горизонты или слои почвы.

В зависимости от поставленной цели исследований объемный вес определяется в различные сроки и на различную глубину. Обычно объемный вес определяется послойно с подразделением на генетические горизонты. Лучше объемный вес определять одновременно с влажностью почвы.

В пахотном слое пробы берутся цилиндром сверху (вертикально), послойно (сначала в слое 0-10, затем 10-20 см и т.д.) на глубину пахотного горизонта. Повторность определения для пахотного слоя пятикратная. Ниже на всю глубину почвенного профиля определения производятся на стенках разреза, в не менее трехкратной повторности.

Для этой цели в каждом горизонте (на 1-2 см выше намеченной на стене черты) ножом-лопаточкой снимают почву

^{х)} Обмеры цилиндра (высоты и его диаметра) следует производить при помощи штанген-циркуля.

и подготавливают площадку. На нее ставят цилиндр, последний надавливанием рук вгоняется в почву. В уплотненных почвах при взятии проб цилиндром следует применять деревянный молоток, или зачищать столбики почвы, а затем на них вгонять цилиндр надавливанием рукой.

После этого цилиндр с почвой при помощи ножа-лопаточки, подрезают на 1 см ниже краев цилиндра и вынимают из почвы. Снимают с него защитное кольцо, очищают цилиндр от приставшей к нему почвы с внешней стороны, почву сверху и снизу срезают ножом вровень с краями цилиндра и затем взвешивают.

После взвешивания почву из цилиндра переносят на клеенку, хорошо перемешивают и берут две-три пробы в сушильные стаканчики (бюксы) для определения влажности, чтобы вычислить вес абсолютно сухой почвы в объеме данного цилиндра.

Объемный вес почвы (К) подсчитывается по средней влажности почвы и весу всей почвенной пробы по формуле:

$$K = \frac{P_c \cdot 100}{(100 + w) \cdot V},$$

где: P_c — вес взятой сырой почвы в объеме цилиндра, г;

w — влажность почвы, %;

V — объем цилиндра, см³.

Например, если пустой цилиндр емкостью в 500 см³ весит 407 г, цилиндр с сырой почвой 1184 г, влажность почвы 15,10%, тогда объемный вес (К) почвы составит:

$$K = \frac{(1184 - 407) \cdot 100}{(100 + 15,10) \cdot 500} = 1,35 \text{ г/см}^3$$

В зависимости от сложения почвы, механического состава и содержания гумуса объемный вес колеблется в широких пределах: в пахотном слое от 1,1 до 1,45, в подпахотном — от 1,35 до 1,65, в нижних горизонтах — от 1,30 до 1,60, а иногда для плотных грунтов достигает 1,8 г/см³.

СКВАЖНОСТЬ (ПОРОЗНОСТЬ) ПОЧВЫ

Скважностью, или порозностью почвы называют суммарный объем пор между ее частицами в единице объема. Выражают ее в процентах от объема почвы.

Общая скважность (порозность) почвы (П) вычисляется по объемному (К) и удельному весу (α) по следующей формуле:

$$П = 100 - \frac{100 \cdot K}{\alpha} = 100 \left(1 - \frac{K}{\alpha} \right) = \frac{100 (\alpha - K)}{\alpha} \%$$

от объема почвы.

Например, если объемный вес или плотность почвы равен $1,35 \text{ г/см}^3$, а удельный вес почвы сероземного типа- $2,70$ то скважность (порозность) составит:

$$П = 100 - \frac{1,35 \times 100}{2,70} = 50\%$$

Если удельный вес неизвестен, его необходимо определить.

Запись для определения объемного веса и скважности рекомендуется вести по форме:

Почва, вариант опыта	Глубина, см	Номер цилиндра	Вес цилиндра, г	Объем цилиндра, мл	Вес цилиндра с сырой почвой г	Вес сырой почвы, г	Влажность почвы, в % к весу	Вес сухой почвы, г	Объемный вес, г/см ³	Скважность, %	Объем твердой фазы почвы, %
-------------------------	-------------	-------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------------------	-----------------------	--------------------------------	-----------------------	------------------------------------	---------------	--------------------------------

Объем твердой фазы почвы количественно составляет разницу между 100 и величиной скважности. Результат определений можно изобразить графически в виде соотношения между водой, воздухом и твердой фазой почвы (рис.6).

График (рис.6) дает представление о количестве воды и воздуха на различной глубине: все величины даны в процентах к объему почвы. Общая скважность поделена между водой и воздухом. Чем ниже общая скважность и выше влажность, тем меньше в почве содержится воздуха.

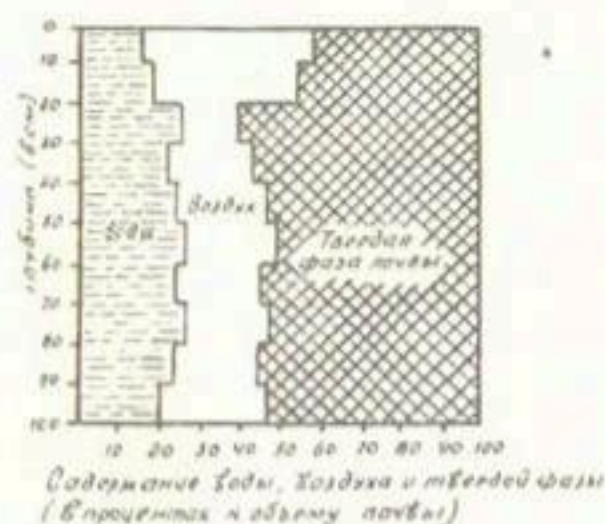


Рис.6. Соотношение между водой, воздухом и твердой фазой почвы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПОРОЗНОСТИ ПОЧВЫ

Роль почвенных пор в динамике процессов, протекающих в почве, а также их влияние на рост корней, развитие микроорганизмов и бионаселения почвы, обуславливается не столько их общим объемом, сколько распределением этого объема по размерам выходных отверстий пор, т.е. дифференциальной порозностью.

Существуют расчетные и экспериментальные методы определения дифференциальной порозности почвы.

Расчетные методы

1. Метод Качинского. Качинский дифференцирует порозность почвы по объему пор, занятым разными категориями воды. Для этого необходимо экспериментально определить объемный и удельный веса почвы, влажность завядания, максимальную гигроскопическую влажность, наименьшую влагоемкость (по Качинскому – общую) и порозность агрегатов.

1. Общая порозность ($P_{\text{общ}}$) в процентах:

$$P_{\text{общ}} = \frac{d - d_v}{d} \cdot 100 ,$$

где: d – удельный вес твердой фазы почвы;

d_v – объемный вес (удельный вес скелета почвы по Качинскому).

2.Порозность отдельного агрегата (P_{agr}):

$$P_{agr} = (1 - \frac{B}{d \cdot v}) \cdot 100 \%, \text{ где:}$$

B —вес абсолютно сухого агрегата, г;

v —объем агрегата, cm^3 ;

d —удельный вес почвы, $г/см^3$.

3.Порозность агрегатная суммарная ($P_{\Sigma agr}$), определяется по формуле:

$$P_{\Sigma agr} = \frac{P_{agr}(100 - P_{общ})}{100 - P_{agr}} \%,$$

где: P_{agr}^x — порозность агрегата;

$P_{общ}$ — общая порозность.

4.Порозность межагрегатная ($P_{м-agr}$) в процентах:

$$P_{м-agr} = P_{общ} - P_{agr}$$

5.Объем пор, занимаемых водой прочносвязанной ($P_{псв}$):

$$P_{п.с.в.} = \frac{(W_{mc} \cdot d_v)}{1,5} \%,$$

где: W_{mc} —максимальная гигроскопическая влажность (в весовых процентах);

d_v —объемный вес почвы;

1,5 —плотность прочносвязанной воды.

6.Объем пор,занимаемых рыхлосвязанной водой ($P_{р.с.в.}$):

$$P_{р.с.в.} = \frac{(W_{зав} - W_{mc}) d_v}{1,25} \%,$$

где: $W_{зав}$ —влажность завядания (в весовых процентах);

1,25 — плотность рыхлосвязанной воды.

7.Объем пор,занимаемых капиллярной водой ($P_{кап}$):

$$P_{кап} = (W_{общ} - W_{зав}) d_v \%,$$

где: $W_{общ}$ — наименьшая влагоемкость (общая по Качинскому) в весовых процентах.

8. Объем пор,занимаемых водой всех категорий ($P_{в}$):

x) При наличии агрегатов разной крупности берется среднее значение P_{agr} .

$$P_{\text{ув}} = P_{\text{псв}} + P_{\text{рсв}} + P_{\text{кап}}, \%$$

9. Объем пор, занимаемых воздухом ($P_{\text{вэр}}$):

$$P_{\text{вэр}} = (P_{\text{общ}} - P_{\text{ув}}) \%,$$

При расчете суммарной агрегатной порозности следует вводить поправку на распыленность. Для этого, используя данные структурного анализа "сухой рассев", вычисляют поправку следующим образом. Если $P_{\text{общ}} = 60\%$; $P_{\text{агр}} = 55\%$, доля агрегатов по объему в пахотном слое $X = 80\%$ (0,8), тогда $P_{\Sigma \text{агр}} = X = 55\% \cdot 0,8 = 44\%$. $P_{\text{н-агр}} = P_{\text{общ}} - P_{\Sigma \text{агр}} = 60\% - 44\% = 16\%$.

Данные оформляют в виде таблиц или диаграмм.

В литературе описаны также расчетные методы С.И.Долгова, Б.Н.Мичурина и других, основанные на распределении объема пор по тем или иным категориям влажности, которые эти поры удерживают.

Экспериментальные методы

В литературе описан ряд методов определения дифференциальной порозности — метод капилляриметра (Дояренко, Шаповалова, Соколовская), пресса (Ричардса, АФИ), тензиометрический и другие. Первый позволяет определить поры в интервале от 1 мм до 50–60 мк и даже до 5–6 мк, второй — от 3 до 0,2 мк в интервале давлений влаги от 1 до 15 атмосфер.

Учитывая, что изменения, происходящие в порозности почвы под влиянием агротехнических приемов, затрагивают в основном крупные поры размером от 600 до 50 мк, можно ограничиться одним методом капилляриметра по Шаповаловой.

Метод Шаповаловой О.В.

Метод основан на зависимости между диаметром выходных отверстий пор почвы и капиллярным давлением, удерживающим воду в них. Эта зависимость выражается уравнением Жюрена для определения высоты капиллярного поднятия.

Экспериментальное определение величины капиллярного давления, которое испытывает находящаяся в этих порах вода, позволяет вычислить эффективный диаметр пор в сантиметрах по формуле $d = \frac{0,3}{H}$, где d — диаметр выходных отверстий капилляров, см; H — водоудерживающая способность во-

нутых менисков в сантиметрах водного столба. Если h выражено в атмосферах, а d в микронах, то уравнение принимает вид:

$$d = \frac{3}{h}$$

Впервые принцип капилляриметра для определения дифференциальной порозности был предложен Кином, а метод разработан Ричардсом. У нас первым применил его в собственной разработке Дояренко. Последний был модифицирован Шаповаловой (рис.7).

Прибор Шаповаловой состоит из бюхнеровских воронок, в которые вложены мембранные бактериологические фильтры с диаметром пор 0,3–0,7 микрон. Воронки соединены с бюретками на 50 см³ для сбора и замера отсасываемой воды. В верхней части бюреток имеются отверстия, соединяющие их последовательно: с уравнительной склянкой, манометром и насосом для разряжения. Прибор состоит из четырех таких секций. Можно использовать 10 секционную установку.

Техника определения

Взвешенные металлические цилиндры с капиллярно увлажненной почвой нарушенного или ненарушенного сложения, устанавливаются в воронки, на предварительно смоченные фильтры. После этого в приборе создают разряжение последовательно от 1 до 75 см водного столба. Объем почвенных пор устанавливают по количеству профильтровавшейся воды при каждом данном разряжении.

Созданное разряжение необходимо выдерживать до установления постоянного уровня воды в бюретке. При определении порозности в интервале от 600 до 50 мк (1–75 см водного столба) необходимо 3–4 часа, а для пор меньше 50 мк (>75 см в.с.) – сутки.

Размер выходных отверстий пор рассчитывают по выше приведенной формуле Жирена. Все соединения в приборе должны быть строго герметичны и выполнены с помощью вакуумстойких резиновых трубок и стеклянных трубок и тройников. Капиллярные поры более 60 мк определяют при последовательном увеличении разряжения до 50 см водного столба. Пory с диаметром от 60 до 3 мк подразделяют путем последовательного увеличения разряжения от 0,05 атм. до 0,95 атм., причем водяной манометр отключают и пользуются только ртутным.

Повторность определения двух-четырекратная.

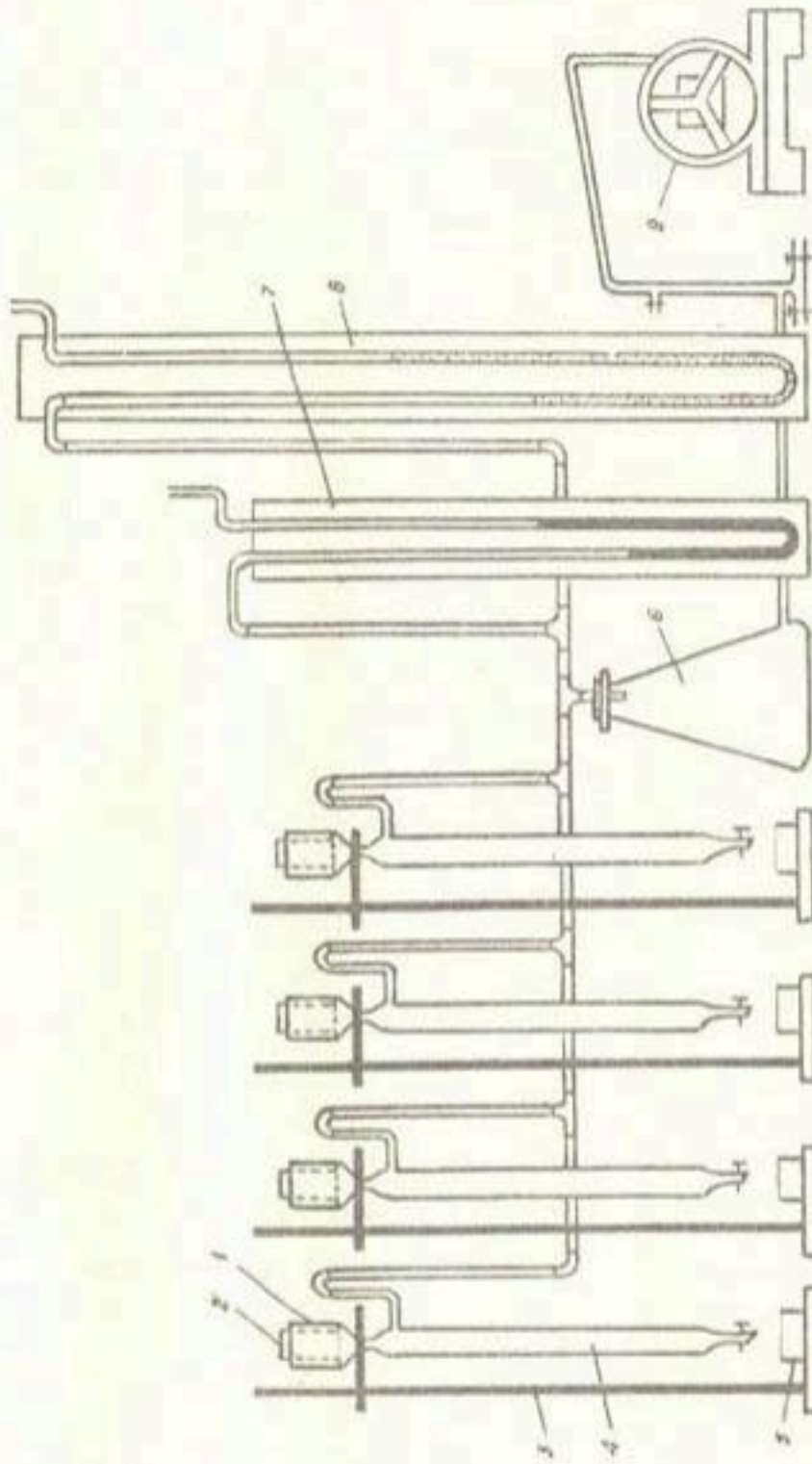


Рис. 7. Вакуумный капиллярный манометр Шаповаловой.

1 - фарфоровые воронки с ультрафильтрами; 2 - цилиндры с почвой;
3 - штатив; 4 - бюретки; 5 - стакан для сбросной воды;
6 - вакуум сосуд; 7 - манометр ртутный; 8 - манометр водяной;
9 - насос для удаления воздуха из прибора.

Определение дифференциальной порозности
методом Ричардса

Для определения пор размером менее 50 микрон (и 5 микрон) используется метод пресс-пластинки (а) и метод мембранного пресса (б) Ричардса. Конструкции приборов этих методов дают возможность создавать большее разряжение под пористой пластинкой от 0,1 до 1 атм. в первом (а) и от 1 до 30 атм. во втором (б), что позволяет изучить характеристику порозности от 50 до 0,3 мк, т.е. диапазон пор, удерживающих влагу от капиллярной и наименьшей влагоемкости до влажности завядания.

а. Метод пресс-пластинки Ричардса

Прибор состоит из металлического сосуда, внутри которого находится пористая керамическая пластинка с отводной трубкой за стенку цилиндра. Сверху сосуд закрывается прижимной крышкой через резиновую прокладку. Отводная трубка служит для отвода воды и создания отсасывающего давления (насосом или опусканием уровня воды) под пористой пластинкой. Для определения порозности почвенные образцы в тонкостенных латунных цилиндрах диаметром 5,4 см и высотой 1 см (или 2 см) помещаются на пластинку, через которую насыщаются до капиллярной влагоемкости, последняя фиксируется взвешиванием цилиндров. Затем сосуд герметично закрывается и под пластинкой ступенчато создается разряжение в 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1 атм, которое выдерживается до полного прекращения стекания влаги. Обычно на это требуется 4-6 часов для всех почв (кроме очень тяжелых). После установления равновесного состояния влаги при каждом разряжении в образцах почвы определяется влажность. Для этого после прекращения стекания влаги при каждом отдельном разряжении давление в приборе (через предохранительный клапан) постепенно выравнивается до атмосферного, крышка открывается, цилиндры взвешиваются и снова загружаются в прибор для создания следующей ступени разряжения. При достижении последней ступени разряжения образцы почвы взвешиваются и высушиваются в термостате при 105⁰С. После чего рассчитывается влажность всех предыдущих ступеней разряжения.

В этом методе в модификации АФИ внутри прибора над пластинкой создается давление путем подачи газа (CO_2 или воздух). В крышке прибора дополнительно устанавливается манометр для регистрации давления. Пространство под пористой пластинкой герметично изолируется от пространства над пластинкой.

б. Метод мембранного пресса Ричардса

Прибор состоит из короткого отрезка толстостенной трубы диаметром 20-30 см и высотой около 10 см, зажатой на болтах двумя стальными пластинками (дисками). В верхней пластине имеется кран для выпуска газа с манометром, в нижней — отверстие для отвода отсасываемой влаги. На нижнем диске помещена мелкая ($d = 0,25$ мм) латунная сетка, покрытая мембраной из целлофана (смоченного водой) или другого подобного материала, пропускающего воду и не пропускающего воздух при давлении до 15-30 атм. Образцы почвы в тех же латунных кольцах, что и в методе "а" после капиллярного насыщения или же после завершения определений на пресс-пластинке помещаются на мембрану, прибор герметично закрывается и в него подается под давлением газ последовательно до 1, 5, 10, 15 атм. и т.д. После прекращения стекания влаги при данном давлении в образцах определяется влажность.

С.И. Долгов (1966) считает необходимым в ооих методах применять дополнительную пригрузку, в виде перфорированной металлической пластинки, создающую давление 15-20 г/см², для поддержания лучшего контакта между почвой и пористой пластинкой.

Расчеты ведутся также, как и по методу Шаповаловой.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ПОЧВЫ МЕТОДОМ ПАРАФИНИРОВАНИЯ^{х)}

Описываемый способ предназначен для определения объемного веса комков почвы.

Х о д о п р е д е л е н и я . Берут комок почвы, стряхиванием и обдуванием освобождают от частиц, не связанных с ним. Затем от комка отламывают часть и помещают ее в сушильный стаканчик для определения влажности. Оставшуюся часть комка обтачивают, взвешивают, затем обвязывают тонкой ниткой и опускают в расплавленный парафин. Запарафинированный образец взвешивают сначала в воздухе, а затем в воде. После взвешивания в воде, образец почвы вытирают фильтровальной бумагой и снова взвешивают без воды (для контроля - не проникла ли вода в поры почвы). Если вес комка равен первоначальному весу, то можно вычислять объемный вес данного образца.

Вес парафина $q = q_2 - q_1$, где q_2 вес образца запарафинированного, а q_1 - незапарафинированного.

Вес вытесненной воды или объем образца с парафином

$$V_{H_2O} = q_2 - q_3,$$

где: q_3 - вес образца в воде.

$$\text{Объем парафина } V_n = \frac{q}{\rho_n},$$

где: ρ_n - удельный вес парафина, равный 0,89.

$$\text{Объем образца без парафина } V_{q_1} = V_{H_2O} - V_n$$

$$\text{Объемный вес } K = \frac{q_1 \cdot 100}{(100 + w) \cdot q_1} \text{ г/см}^3;$$

где w - влажность образца в процентах к весу сухой почвы.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,02 г/см³.

5. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Определение гигроскопической влаги в почвах.

Способность почвы поглощать поверхностью своих частиц пары воды из атмосферы называется гигроскопичностью или физической адсорбцией.

х) С.В.Астанов. Мелиоративное почвоведение (практикум). Госиздат сельхозлитературы. Москва, 1958.

Отсюда ясно, что величина гигроскопичности зависит от общей поверхности почвенных частиц. Чем больше раздроблены почвенные частицы и чем богаче почва мельчайшими коллоидными и илистыми частицами, тем выше гигроскопичность, то-есть, тем больше адсорбируется воды на ее поверхности. Например, почвы глинистые, тяжелые по механическому составу, могут содержать до 4-6% гигроскопической воды. Между тем почвы песчаные содержат ее не больше одного процента.

Следовательно, количество гигроскопической воды, удерживаемой почвой, дает некоторое представление о физическом состоянии почвы: ее механическом составе, запасе неусвояемой воды, содержании гумуса и т.п.

Знание гигроскопической влажности необходимо для подсчета количества сухой почвы, взятой для того или иного анализа. Поэтому определение ее проводится в почвенных образцах, подготовленных так же, как и для других (например, химического) анализов.

Методика определения гигроскопичности несложная и сводится к определению влажности почвы в воздушно-сухом состоянии.

Х о д о п р е д е л е н и я . Для определения гигроскопической влаги берут среднюю пробу воздушно-сухой почвы весом 5-10 г и помещают в стеклянный сушильный стаканчик (бюкс) с притертой крышкой. Перед определением стаканчик предварительно высушивается в сушильном шкафу в течение двух часов при $100-105^{\circ}$, охлаждается в эксикаторе и взвешивается на аналитических весах. Затем взвешивают стаканчик с пробой и помещают в сушильный шкаф. Сушка производится непрерывно в течение четырех часов при температуре $100-105^{\circ}$. После сушки стаканчик с почвой охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием, взвешивают и снова производят повторную сушку в продолжении двух часов (до постоянного веса).

После повторной сушки стаканчик с пробой вынимают из сушильного шкафа, охлаждают в эксикаторе и вновь взвешивают.

Запись рекомендуется проводить по следующей форме:

Дата определения	Название поч- вы, опыта, варианта	Глубина, см	Номер стакан- чика	Вес пустого стаканчика, г	Вес стакан- чика после высушивания		Вес воды, г	Вес сухой почвы, г	Влажность, % к весу
					1	2			

Вычисление гигроскопической влаги производится по формуле:

$$W = \frac{(a - b) \cdot 100}{b},$$

где: W — количество влаги, в процентах к абсолютно сухой почве;

a — вес стаканчика с почвой до высушивания (с воздушно-сухой почвой), г;

b — вес стаканчика с сухой почвой (после второго высушивания), г

b — вес сухой почвы;

$a-b$ — вес воды, содержащейся в почве, г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ ПОЧВ (по методу Э.А.Митчерлиха)^{х)}

В атмосфере, насыщенной водяными парами (относительная влажность воздуха приближается к 100%), почва поглощает максимальное количество воды. Такое состояние влажности почвы называется максимальной гигроскопичностью.

Определяется она следующим образом.

Берут навеску воздушно-сухой почвы, предварительно размельченной резиновым или деревянным пестиком с резиновым наконечником и просеянной через сито с отверстиями в 1 мм, в количестве 5-10 г и помещают в стеклянный бюкс. Размеры бюксов могут быть разными. Лучше пользоваться бюксами диаметром 5 см и высотой 3 см с притертыми крышками.

Бюкс с почвой взвешивают на аналитических весах, затем

х) В модификации Н.А.Качинского вместо сушильных стаканчиков диаметром 6-7 см и навески почвы — высушенной при 105° в количестве 30 г (по Митчерлиху), можно для определения брать воздушно-сухую почву в обычные стеклянные бюксы диаметром в 2-3 см и навеску почвы 10-20 г, а для почв тяжелого механического состава еще меньшую.

устанавливают его в эксикатор на фарфоровую пластинку. На дно эксикатора наливают раствор 10%-ной серной кислоты. Из расчета 2-3 мл на каждый грамм почвы. Не следует допускать, чтобы раствор касался фарфоровой пластинки. Над раствором кислоты создается атмосфера, близкая к полному насыщению парами воды (около 100% относительной влажности). В такой атмосфере почва полностью насыщается парами воды.

Эксикатор с бюксами закрывают притертой крышкой, смазанной вазелином, из него выкачивают масляным или водоструйным насосом воздух до возможного разряжения (20-30 мм ртутного столба). После этого эксикатор с бюксами устанавливают в темное место с ровной температурой.

Через три дня открывают эксикатор, бюксы закрывают крышками, обтирают их с внешней стороны полотенцем и взвешивают.^{х)} Вес записывают в тетрадь, рядом с первым весом в воздушно-сухом состоянии. После первого взвешивания бюксы снова ставят в эксикатор и затем через два-три дня взвешивают повторно. Обычно вес бюксов с почвой после второго взвешивания увеличивается.

Такое периодическое насыщение и взвешивание через два-три дня повторяют до тех пор, пока два смежных веса покажут близкие результаты с небольшой разницей в тысячном знаке. После этого насыщение прекращают, бюксы ставят в сушильный шкаф и высушивают при 105° до постоянного веса, как описано при определении гигроскопичности почв.

Для того, чтобы ускорить процесс насыщения, можно эксикатор снабдить вентилятором.

Потеря воды при высушивании, вычисленная в процентах к весу сухой почвы, дает максимальную гигроскопичность.

Вычисление проводится по той же формуле.

Если в лаборатории нет вакуумного эксикатора, то насыщение почвы можно проводить в обыкновенном эксикаторе без разряжения воздуха. Результаты получаются те же, но процесс насыщения растянется на более длительное время.

Величина максимальной гигроскопичности зависит от механического состава, содержания гумуса, поглощенных осно-

х) При взвешивании через 3-4 дня серную кислоту заменяют новой 10%-ной кислотой.

ваний и водно-растворимых солей. Чем тяжелее механический состав, тем выше максимальная гигроскопичность.

Максимальная гигроскопичность почв орошаемой зоны Средней Азии составляет, примерно, 1-8% от веса сухой почвы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ ПОЧВ по методу А.В.Николаева

Описываемый метод является наиболее простым и мало уступающим в точности методу Митчерлиха.

Для определения берут среднюю пробу (навеску) воздушно-сухой почвы, просеянную через сито с диаметром отверстий 1 мм в количестве 5-10 г, помещают в стеклянные боксы диаметром около 5 см и высотой 3 см. Боксы с открытыми крышками устанавливают в эксикатор на фарфоровую пластинку, на дно которого наливают насыщенный раствор K_2SO_4 (сернокислый калий).

Для получения 100 мл насыщенного раствора требуется 11-15 г K_2SO_4 . Такой раствор с твердыми кристаллами соли, находящийся в нижней части эксикатора, создает относительную влажность в эксикаторе, близкую к 100% (98-99%). Эксикатор плотно закрывают крышкой, края которой смазывают вазелином, и устанавливают в темное место с возможно небольшими колебаниями температуры. Через три дня боксы с почвой вынимают из эксикатора, закрывают крышками, обтирают с внешней стороны полотенцем и взвешивают. После взвешивания боксы снова ставят для насыщения в эксикатор. Затем взвешивание проводят через каждые 2-3 дня, пока вес бокса с почвой перестанет прибавлять, и разность между предыдущим и последующим взвешиванием будет составлять не более тысячных долей г. Тогда насыщение прекращают. Количество поглощенной воды почвой определяют высушиванием в сушильном шкафу при температуре 100-105° до постоянного веса и вычисляют в % к весу сухой почвы по формуле, указанной выше в разделе определения гигроскопической влаги.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ЗАВЯДАНИЯ РАСТЕНИЙ (по методу С.Н.Рыкова и Н.И.Зиминой, 1950)

Растения для своего произрастания расходуют большое количество воды. Эта вода поступает в растение из почвы через

корневую систему. Поэтому влажность почвы после дождей или поливов постепенно убывает и все труднее поступает в корни растений. Наконец, наступает такой момент, когда растения расходуют на испарение (транспирацию) воды больше, чем ее поступает из почвы через корневую систему.

Тогда тургор растений ослабевает, листья опускаются, и растения подвядают. Сначала подвядание происходит только в наиболее жаркое время дня, а к вечеру нормальное состояние растений (тургор) снова восстанавливается. Но, наконец, влажность почвы опускается до такой степени, что подвявшие и опущенные листья не выпрямляются даже в течение всей ночи. В этом случае наступает полное завядание растений.

Влажность почвы, при которой происходит полное завядание растений, не восстанавливаемое в течение ночи, называется влажностью завядания растений.

Величина влажности завядания растений очень важна для агрономической характеристики почв, которая позволяет выделить из общего запаса воды, находящейся в почве, полезную и доступную влагу для роста и развития растений.

Х о д о п р е д е л е н и я . Воздушно-сухую почву, просеянную через сито с отверстиями в 1-2 мм, насыпают в чайные стаканы емкостью 200-250 мл (на 2-2,5 см недосыпая доверху стакана). Стаканы должны быть обтянутыми чехлами из бумаги в несколько слоев.

Набивку почвы в стаканы производят с легким уплотнением (встряхиванием и постукиванием). Затем сверху на 1,5-2 см насыпают песок хорошо отмытый от его примесей. Почву увлажняют сверху через песок до полного ее промачивания.

Семена хлопчатника, обработанные крепкой серной кислотой и предварительно пророщенные (наклюнувшиеся), высаживают в песок в количестве 4-5 штук.

Посев хлопчатника можно производить непосредственно в почву (без засыпки песка). В этом случае стаканы с почвой после увлажнения выставляются на сквозняк для подсыхания верхнего слоя до момента спелого состояния. Почву в них рыхлят и на глубину, примерно, 3 см высаживают семена.

Для предохранения от излишнего перегревания и испарения поверхность стаканов (до появления всходов) покрывают

слоем ваты. В таком виде стаканы выставляются на солнце, а среди дня в жаркое время прикрываются марлевым (в один слой) навесом.

После появления семядольных листьев производится прореживание; в каждом стакане лучше оставлять по два растения.

Полив проводится сверху через песок, один-два раза в день (утром и вечером). Таким образом, хлопчатник выращивается до четырех настоящих листочков. К этому времени большая часть почвы обволакивается корневой системой растений. С появлением пятого листка полив прекращают и после легкого подсыхания поверхности почвы стакана закрывают кружочками, вырезанными из бумаги и заливают очень тонким слоем расплавленной, но не горячей смеси четырех весовых частей парафина и одной части технического вазелина. Стебли растений (в верхней части над почвой) перед заливкой обертывают тонким слоем ваты. Затем стаканчики с растениями убирают под открытый навес (в тень) и выдерживают там до полного их завядания. Этот момент легко определяется по опусканию листьев.

По мере завядания отдельных растений, каждое утро, если тургор растений не восстановился, производят распаковку стаканов и отбор на определение влажности почвы. Сначала из стакана выдергиваются растения, затем срезается песок и часть почвы (на $1/3$ стакана). Из остальной части почвы отбирают более крупные корешки, почву перемешивают и из нее берут пробы в сушильные стаканчики (бюксы) по 15-20 г.

Влажность определяется обычным методом высушивания в сушильном шкафу при $105-110^{\circ}$. Повторность определения влажности из каждого стакана двукратная. Повторность определения влажности завядания - трехкратная (одной и той же почвой наполняются три стакана).

Влажность завядания вычисляется в процентах к весу сухой почвы. Но ее можно и, часто бывает, нужно вычислять в кубических метрах на гектар. Как это делается - сказано в следующем разделе при описании определения влажности и абсолютных запасов воды в почвах.

Разница в запасах воды в почве при полевой влагоемкос-

ти и при влажности завядания составляет физиологически полезный запас воды, который может быть использован растением.

Нужно, однако, иметь в виду, что поливать хлопчатник необходимо до наступления подвядания; об этом будет более подробно сказано в следующих разделах.

Влажность завядания хлопчатника зависит от механического состава, содержания гумуса и для большинства почв Средней Азии обычно колеблется в пределах 5-16% к весу почвы.

Влажность завядания может быть рассчитана по максимальной гигроскопичности путем умножения ее на коэффициент для большинства почв 1,5-2,0.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ И АБСОЛЮТНЫХ ЗАПАСОВ ВОДЫ В ПОЧВЕ

Влажностью почвы называют количество воды, содержащееся в почве и выраженное в процентах к весу или объему абсолютно сухой почвы.

Влажность определяется с целью установления запаса воды в почве полевых участков в каждый данный момент.

По наличным запасам воды (влажности почв) можно судить об иссушении почвы, потребности в поливе, наступлении сроков обработки почв и т.п. При систематическом определении влажности через определенные промежутки времени можно иметь представление о динамике влажности, например, на различных почвах, агротехнических фонах, вариантах опыта и т.д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ ВЫСУШИВАНИЯ

В зависимости от поставленных целей и характера исследований определение влажности почвы производится на различные глубины и в различные сроки. В условиях почв с глубоким залеганием грунтовых вод при изучении агротехнических вопросов, связанных с поливами, обработкой почвы при культуре хлопчатника, влажность целесообразно определять на глубину корнеобитаемого слоя - до 1-2 м, послойно через 10 см (0-10; 10-20; и т.д.) при вспашке на 25 или 35 см пробы лучше брать по следующим глубинам: 0-5, 5-15; 15-25; 25-35 см. Здесь пахотный горизонт при взятии проб не смешивается с подпахотным. На землях с близкими грунтовыми во-

дами влажность почвы определяется до их уровня. Повторность определения трех-пятикратная. Определения необходимо проводить в основных вариантах опыта на одном или лучше двух повторениях. Скважины на делянке располагаются по конверту или по диагонали. Две или три скважины делаются в междурядьях, остальные — в рядках. Сначала производятся индивидуальные определения, а затем вычисляются средние величины.

При территориальных почвенных и мелиоративных исследованиях и изучении водно-физических свойств почв, в целях агрономической их оценки, влажность целесообразно определять на глубину всей почвенно-грунтовой толщи до грунтовых вод, а в случае глубокого их залегания на глубину 2-4 м, а иногда и глубже, но с обязательным подразделением на генетические горизонты.

Пробы на влажность отбираются (послойно) сплошной колонкой из скважины — при помощи бура или почвенного разреза. В последнем случае перед определением (после описания разреза), затененная стенка его зачищается на 10-15 см, а затем из намеченных слоев без пропуска отбирают при помощи ножа почвенные пробы весом 30-40 г в алюминиевые сушильные стаканчики (объем не должен быть более $\frac{3}{4}$ стакана). Взятие проб производится в двух-трехкратной повторности из каждого 10 см слоя. В тех случаях, когда генетический горизонт имеет меньшую мощность чем 10 см, пробы берут из всего генетического горизонта, а не смешиваются со смежными горизонтами почвы, например, горизонты — 0-6; 6-12; 12-38; 38-50 и т.д. В тех случаях, где мощность генетического горизонта большая, то берут (по ряд) несколько проб, но равномерно распределяя их по генетическому горизонту. В более однородных и более мощных почвогрунтах пробы на влажность можно отбирать и из каждого 20-25 см слоя. Что касается сроков определения влажности на том или ином опыте, участке, то последние устанавливаются в зависимости от программы исследований.

Готовиться к определению влажности в полевых условиях следует накануне.

В полевой тетради (журнале) записывают дату определения, место определения, № разреза, варианты опыта, глубин

по порядку взятия почвенных проб, номера стаканчиков и их тару. Стаканчики в порядке записи устанавливаются в деревянные портативные ящики, вмещающие 100 стаканов.

Пробы на влажность лучше брать в более прохладное время — рано утром или вечером, чтобы уменьшить потери на испарение.

После взятия почвенных проб стаканчики обтирают тряпкой, ставят в ящики и закрывают их от солнца клеенкой или мешковиной. Заполнив стаканчики почвой (два-три ящика), отправляют в лабораторию, где немедленно взвешивают. Взвешивать следует на технических весах с точностью до 0,01 г. После взвешивания с сушильных стаканчиков снимают крышки и надевают их на дно стаканчиков и в таком виде устанавливают в сушильный шкаф, где и сушат непрерывно при температуре 105–110° в течение 6 часов. Затем стаканчики с почвой вынимают из шкафа, закрывают их крышками, охлаждают на воздухе и взвешивают. После этого стаканчики с почвой повторно сушат при той же температуре в течение двух часов. Обычно после однократной сушки почва приобретает постоянный вес и в дальнейшей сушке не нуждается. Повторное высушивание проводится как контроль.

Запись ведется по форме, рекомендованной для определения гигроскопической влаги.

Влажность почвы рассчитывается по формуле:

$$w = \frac{(a-b) \cdot 100}{(b-v)} ,$$

где: w — влажность, % от веса сухой почвы;

a — вес стаканчика с сырой почвой, г;

b — вес стаканчика с сухой почвой, г;

v — вес пустого стаканчика (тары), г;

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

$$K_{H_2O} = \frac{100 + w}{100}$$

Влажность почвы обычно подсчитывается с точностью до 0,1% и выражается в процентах к весу и объему почвы. В тех случаях, когда требуется подсчитать среднюю влажность в многослойной почвенной толще почвы, то это вычисление производят не путем вычисления простого среднего арифметического значения, а вычислением средневзвешенной влажности с учетом объемного веса и мощности отдельных горизонтов почвы по формуле:^{х)}

$$W_{\text{ср}}^{\text{в}} = \frac{W_1^{\text{в}} \cdot h_1 \cdot K_1 + W_2^{\text{в}} \cdot h_2 \cdot K_2 + \dots + W_n^{\text{в}} \cdot h_n \cdot K_n}{h_1 K_1 + h_2 K_2 + \dots + h_n K_n},$$

где: $W_{\text{ср}}^{\text{в}}, W_n^{\text{в}}$ — влажность в процентах к весу первого, второго и т.д. горизонтов почвы;

$h_1, h_2, \dots, h_n$ — мощность в см первого, второго и т.д. горизонтов почвы;

K_1, K_2, K_n — объемный вес первого, второго и т.д. горизонтов почвы.

Для перевода весовых процентов влажности в объемные необходимо влажность в % к весу умножить на объемный вес, который предварительно определяется по тем же горизонтам.

Выражение влажности почвы в процентах от ее объема необходимо для определения запасов воды в кубических метрах на гектар или в мм водного столба.

Запись и расчет при этом рекомендуется делать по следующей форме (табл.6).

Т а б л и ц а 6

Определение запасов воды

Глубина, см	Объем- ный вес, г	Влажность, %		Запасы воды на га	
		к весу	к объему	мм	м ³
20-30	1,4	10,2	14,2	14,2	142
47-65	1,5	15,4	23,1	41,6	416

В табл.6 в качестве примера вычислены запасы воды для двух горизонтов: 20-30 и 47-65 см.

х) С.И.Долгов — Руководство по почвенно-мелиоративным исследованиям в степных и лесостепных районах Европейской части СССР. М., Изд. МСХ СССР, 1958г.

Мощность второго горизонта 18 см, или 180 мм. При влажности 23,1% к объему, запасы воды в этом слое на гектар составят:

$$180:x=100:23,1, \text{ или } x=\frac{23,1 \cdot 180}{100},$$

где: x — запасы воды, мм.

Умножая величины запасов воды в каждом слое почвы, выраженные в миллиметрах на 10, получим запасы воды в кубических метрах на гектар, где 1 мм = 10 м³/га.

Если требуется вычислить запасы влаги в мм или м³/га в метровой или двухметровой толще почвы, то это делают следующим образом: сначала производят, как указывалось выше, вычисление по отдельным горизонтам почвы, так как объемный вес в этих горизонтах различный, а затем полученные данные каждого горизонта суммируют и получают запасы влаги для всего слоя почвенной толщи.

Описанный выше метод высушивания в сушильном шкафу (термостате) является наиболее точным, простым и доступным методом для определения влажности почвы в лабораторных и полевых условиях. Однако для высушивания почвенных образцов этим методом затрачивается много времени (около 6-8 часов), что вносит затруднение в случае необходимости быстрого определения влажности почвы.

За последнее время предложено немало методов, позволяющих ускорить и автоматизировать определение содержания влаги в почве. К ним относятся: метод ускоренной сушки инфракрасными лучами, метод сушки с применением спирта, ускоренный метод сушки в парафине, тензиометрический, гаммаскопический, нейтронный и др.

МЕТОД УСКОРЕННОЙ СУШКИ ИНФРАКРАСНЫМИ ЛУЧАМИ

Метод сушки инфракрасными лучами позволяет быстро — в течение нескольких минут определить влажность почвы.

Этот новый метод испытан для определения влажности различных почв В.Б.Замятиной и Т.Н.Черниковой.

При определении влажности этим методом сушку почвенных образцов производят электрической лампой инфракрасного

излучения мощностью в 500 ватт.

Перед началом работы лампу укрепляют на штативе и под нее подкладывают асбестовую пластинку на расстоянии 5 см от центра лампы. При включении лампы на асбесте освещается круг; этот круг обводят карандашом.

Высушивание почвенных проб проводят в трех секторных чашках, изготовленных из нержавеющей металла с высотой бортиков около 4–6 мм.^{х)}

Для определения влажности берутся навески почвы по 5–10 г и распределяются равномерно на две чашек, предварительно высушенные под лучами лампы до постоянного их веса. Затем чашки с почвой устанавливают в центр круга, очерченного на асбесте и подвергают высушиванию. По данным Замятиной и Черниковой, почвы с небольшим содержанием гумуса (подзолистые, бурые почвы и типичные сероземы) сушат 7 минут, а почвы с высоким содержанием гумуса (черноземные) – 3 минуты. После высушивания чашки с почвой охлаждают, взвешивают и вычисляют процентное содержание влаги. Форма записи и расчета производится так же, как это описано при определении влажности методом высушивания в сушильном шкафу. Метод применим для единичных и срочных определений влажности в лабораторных условиях.

УСКОРЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ СЖИГАНИЕМ СПИРТА

Для быстрого определения влажности почвы иногда в лабораториях применяется метод сушки почвенных образцов сжиганием спирта, предложенный П.В.Ивановым (1953).

Техника этого метода несложна, не требует специального оборудования и заключается в следующем.

Для определения влажности в алюминиевые сушильные стаканчики (бюксы), предварительно взвешанные на технических весах берут навеску почвы в количестве 10 г и наливают в

х) Б.Б.Замятина и Т.Н.Черникова. Быстрый метод определения влажности "Советская агрономия", 1952, 10.

А.Ф.Вадюнина и А.З.Корчагина (1961) рекомендуют высушивать образцы почвы в маленьких металлических чашках или в алюминиевых низких стаканчиках с низкими бортиками.

них (в почву) по 4 мл этилового или метилового спирта, а затем зажигают. После сгорания всего спирта стаканчики с почвой охлаждают, перемешивают в них почву стеклянной палочкой, а затем снова подвергают двух-трехкратному обжиганию. Однако при втором и третьем сжигании употребляют спирта в два раза меньше, т.е. по 2 мл на каждый образец почвы. После двух- и трехкратного сгорания спирта стаканчики с почвой, после их остывания взвешивают (высушивание проводят до постоянного веса). Затем вычисляют влажность в процентах к весу почвы. Повторность определения, двух-трехкратная.

По данным П.В.Иванова, расхождения в определениях сжиганием спирта, в сравнении с методом высушивания в шкафу при 105° , для влажных образцов легкосуглинистого чернозема не превышали 0,25 процента, а для высокоувлажненных почв с большим содержанием органических веществ достигали 1 процента и более.

Сравнительное испытание, проведенное Л.В.Половым (1960) по методу Иванова и обычной сушки при 105° на супесчаных и песчаных почвах, показало, что для воздушно-сухих образцов почв достаточно двукратного сжигания спирта, слабоувлажненные требуют трехкратного, а сырые и мокрые почвы — четырехкратного сжигания спирта. При этом расхождение в определениях в сравнении с обычной сушкой для слабогумусированных песчаных и супесчаных почв не превышает $\pm 0,2\%$ в почвах с повышенным содержанием гумуса (иловатый песок); ошибка в определении влажности оказалась более 1%.

Следовательно, метод Иванова считают достаточно точным для слабогумусированных почв и он может применяться в лабораторных и полевых (экспедиционных) условиях.

Для быстрого определения ориентировочной влажности в производственных условиях, в целях диагностирования сроков поливов хлопчатника, можно применять ускоренный полевой метод определения влажности почвы по В.Е.Кабаеву. Однако этот метод пригоден только для почв с глубоким залеганием грунтовых вод, для других почв он требует уточнений.

УСКОРЕННЫЙ ПОЛЕВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ (по В.Е.Кабаеву)^{х)}

Для быстрого определения влажности почвы, в целях диагностирования сроков поливов хлопчатника, В.Е.Кабаевым предложен очень простой метод определения влажности по нижнему пределу пластичности или границе раскатывания почвы. Для этой цели им сконструирован несложный прибор, с помощью которого можно определять влажность почвы непосредственно на поле за несколько минут.

Прибор состоит из фарфоровой чашки, емкостью на 150 мл воды, склянки на 100 мл, трех точно тарированных пробирок (из них две запасных) на 3 мл воды каждая, скальпеля, линейки, длиной 15 см, двух деревянных прямоугольников размером 35-50 мм.

Влажность почвы в процентах от полевой влагоемкости определяется величиной шарика, скатанного из почвы (табл.7).

Т а б л и ц а 7

Определение полевой влагоемкости в зависимости от размера шарика почвы

Диаметр шарика почвы, мм	% влаги в почве от полевой влагоемкости	Диаметр шарика почвы, мм	% влаги в почве от полевой влагоемкости
30	48,80	37	72,71
31	53,59	38	74,80
32	57,81	39	76,69
33	61,53	40	78,40
34	64,83	41	79,94
35	67,75	42	81,31
36	70,37		

Влажность определяется на каждом поливном участке в 3-5 точках (в зависимости от площади участка).

Для установления срока проведения первого вегетацион-

х) В.Е. Кабаев - Ускоренные полевые методы определения влажности и влагоемкости почв УзССР, Ташкент, 1957г.

ного полива до бутонизации проба почвы берется с глубины 20 см. Для второго полива (в период бутонизации) с глубины 30 см. Для последующих поливов в период цветения-плодообразования пробы берутся с глубины 40 и 50 см.

Почвенные пробы отбираются с помощью лопаты или кетменя. Прикопки (ямы) роются до необходимой глубины. Затем дно прикопки тщательно очищается от оставшейся сверху почвы. После этого ножом или скальпелем рыхлится дно ямки на глубину 3-4 см, в из этого рыхлого слоя берется горсть почвы для анализа и высыпается на лист пергаментной бумаги.

Затем в пробирку из склянки наливается вода. Причем, для получения точных данных по влажности почвы необходимо взять ровно 3 мл воды, что бывает в том случае, когда пробирка находится в строго вертикальном положении и наполнена до краев водой. Если до края пробирки недостает несколько капель воды, то ее добавляют, а если вода налита до краев пробирки и образовалась выпуклость, то путем осторожного прикосновения пальца (сбоку края пробирки) удаляют лишнюю воду.

Вода из пробирки выливается в фарфоровую чашку. В эту чашку с водой постепенно насыпают тщательно перемешанную пробу почвы при постоянном помешивании скальпелем до пластичного состояния почвы. Эту массу продолжают смешивать пальцами, постоянно добавляя в нее почву из подготовленного образца, доводя ее до очень крутого состояния. Полученную массу скатывают в ладонях в шарик правильной формы. Если шар окажется еще мягким, добавляют еще почвы до образования на его поверхности при скатывании небольших трещин. Такое состояние поверхности шарика служит основным признаком окончания анализа. Если добавить почвы больше, чем надо, масса станет непластичной, и шарик скатать нельзя.

Если же шарик, скатанный из почвы, будет иметь избыток влаги это также приведет к большой ошибке. Поэтому надо добиться чтобы масса, из которой скатывается шар, была доведена до такого состояния, при котором добавление почвы будет приводить к его крошению.

Шарик при всех его положениях должен иметь строго правильную круглую форму.

Замер диаметра шарика производится на линейке при помощи двух деревянных прямоугольников. Один прямоугольник устанавливается на одно из сантиметровых делений линейки, к нему прислоняется шарик и к шарiku с противоположной стороны — второй прямоугольник.

После замера диаметра шарика процент влаги в почве находят по вспомогательной таблице и исходя из этого, устанавливают необходимость проведения полива.

6. ВЛАГОЕМКОСТЬ ПОЧВЫ

Способность почвы и грунтов удерживать воду в порах и на поверхности частиц называется влагоемкостью.

В зависимости от способа и условий определения различают несколько видов влагоемкости: полную, капиллярную, максимально-молекулярную, наименьшую, полевую и другие. В условиях орошаемого земледелия наибольший интерес представляют наименьшая, полевая и капиллярная влагоемкость.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВЫ

Капиллярная влагоемкость условно выражается наибольшим количеством воды, которое способна поглотить и удержать в себе почва при капиллярном ее насыщении снизу. Количество это соответствует капиллярной порозности почв, если определение проводится в низких патронах или трубках.

Техника определения. Определение капиллярной влагоемкости почвы в лабораторных условиях производят в металлических (реже в стеклянных) цилиндрах (патронах) емкостью на 200 мл и высотой в 10–20 см. На одном конце цилиндров укрепляется металлическая сетка, которая удерживает почву от выпадения и через которую почва насыщается водой. Определение может производиться на почвах, с нарушенным и ненарушенным сложением. Почвы, с ненарушенным строением, берутся специальным буром Некрасова непосредственно с полевых участков.

Почвы, с нарушенным строением, доведенные до воздушно-сухого состояния и просеянные через сито с диаметром отверстий 3 мм, насыпают в патроны, на дно которых кладывают кружочек, вырезанный из фильтровальной бумаги. Патроны

с фильтром перед набивкой взвешивают, а затем набивают почвой. Легким постукиванием по стенке патрона и дном патрона о край стола достигается требуемая плотность почвы. Обычно при таком способе набивки плотность будет равняться 1,40-1,45 в расчете на абсолютно сухую почву.

Набивку почвы производят на 2 см ниже высоты краев патрона.

Набитые патроны взвешивают и ставят на одни сутки в сосуд или ванну с водой таким образом, чтобы почва через сетку соприкасалась с поверхностью воды (т.е. была бы погружена в воду на 1-2 мм). Воду по мере поглощения почвой подливают в сосуд. Через сутки патроны с почвой взвешивают и ставят на насыщение еще на одни сутки, а затем снова взвешивают. Если вес после второго взвешивания не увеличился, то насыщение можно считать законченным. По разнице веса патрона с почвой, до и после насыщения, определяют капиллярную влагоемкость в процентах к весу или объему.

Запись анализа рекомендуется вести по следующей форме:

Почва, разновидность	Глубина, см	Номер патрона	Вес патрона с почвой, г	Вес после насыщения, г		Вес абсолютно сухой почвы патрона, г	Вес воды в патроне, г	Влагоемкость, %	
				первый	второй			к весу	к объему

Для более точного определения необходимо в почве после насыщения определить влажность. Для этого после насыщения всю почву из патрона переносят в фарфоровую чашку, быстро и хорошо ее перемешивают и из нее берут пробы в два-три сушильных стаканчика для определения влажности.

Средняя влажность взятых образцов из патрона и характеризует капиллярность (влагоемкость) данной почвы.

Капиллярная влагоемкость, определенная в процентах к объему, выражает собой и капиллярную скважность.

Для почв с ненарушенным строением повторность пятикратная, а для почв с нарушенным строением - двукратная.

Капиллярная влагоемкость чаще всего определяется на образцах с ненарушенным строением. Определение на образцах с нарушенным строением применяют только в отдельных исследо-

ваниях (например, при некоторых лабораторных исследованиях, при закладке вегетационных опытов и т.п.).

В природных условиях влажность, равная капиллярной влагоемкости, может встречаться только в нижних слоях почвы, залегающих непосредственно над зеркалом грунтовых вод. Никакого другого состояния влажности капиллярная влагоемкость не характеризует. Поэтому определения капиллярной влагоемкости (и капиллярной скважности) в качестве стандартного определения в обычных полевых опытах производить не следует.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕВОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВЫ

Наименьшая влагоемкость почв характеризуется тем максимальным количеством воды, которое удерживается в почвенно-грунтовой толще длительное время в неподвижном состоянии без заметного ее стекания вниз, при исключении капиллярного увлажнения со стороны грунтовых вод.

Это наиболее важный вид влагоемкости, характеризующий распределение воды по почвенному профилю после обильного ее промачивания. При глубоком залегании грунтовых вод верхняя зона смачивания не смыкается с нижней, капиллярной, и вода остается как бы в подвешенном состоянии и называется поэтому подвешенной, капиллярно-закрепленной водой. Величина полевой влагоемкости при этих условиях соответствует ее наименьшей влагоемкости (по Роде).

При близком залегании грунтовых вод промачивание может достигнуть нижней капиллярной зоны смачивания, и почвенная вода в этом случае как бы опирается на грунтовые воды или подпирается ими. Это капиллярная посаженная или подпертая вода. В этих условиях величина полевой влагоемкости в различных слоях почвенно-грунтовой толщи определяется ее капиллярной влагоемкостью, величина которой зависит от характера порозности и высоты расположения этих горизонтов почв над уровнем грунтовой воды.

Полевая влагоемкость определяется следующим образом.

Выбирается ровная, типичная в почвенном отношении для всего характеризуемого участка или опыта площадка, размером 2х2 или лучше 3х3 м. Такая площадка обваловывается земляным валиком плотно утрамбованным, высотой 30-35 см. На легких, супесчаных и песчаных почвах лучше вместо валика, устанавливать деревянную или железную раму размером 1х1 или 2х2 м,

высотой 20–25 см для предохранения от растекания воды в стороны. Можно определять и в круглых площадках радиусом в 1–1,5 м. Поверхность почвы внутри площадки выравнивают и обрабатывают так, как необходимо для посева намечаемой культуры.

На середину изолированной площадки устанавливают рейку для учета воды. Для предохранения поверхности почвы от разрушения водой, под струю вливаемой воды подкладывается сноп соломы или фанерка.

Затем площадку заливают водой из такого расчета, чтобы промочить почву на заданную глубину. Для вычисления необходимого количества воды необходимо определить влажность почвы, чтобы вычислить запас воды и определить ее скважность. Зная эти величины, можно легко определить потребную норму воды для насыщения почвенной толщи мощностью в 1 м.

Например, если средняя скважность почвы составляет в метровой толще почвы 45%, а запас воды в почве перед ее насыщением 1500 м³/га, тогда для насыщения почвы на глубину 1 м норма воды составит:

$$\frac{10000 \cdot 1 \cdot 45}{100} - 1500 = 3000 \text{ м}^3/\text{га} \text{ воды, или слой воды в}$$

300 мм. Обычно, в среднем, чтобы промочить почву на глубину до 1 метра достаточно залить водой из расчета 2500–3000 м³/га или 25–30 см водного столба. На почвах, относительно влажных, норму следует уменьшить, а на сухих — увеличить. Воду следует подавать на площадку не сразу, а постепенно, в несколько приемов, не допуская впитывания всей порции прилитой воды, во избежание обнажения поверхности почвы. В последнем случае могут создаваться воздушные "пробки", которые искажают действительные величины влагоемкости. Заливать площадки водой лучше на ночь, но с таким расчетом, чтобы к утру поверхность почвы не подсохла. После впитывания всей нормы воды поверхность площадки для предохранения почвы от испарения закрывают клеенкой или полиэтиленовой пленкой и слоем изолирующего материала: сена, соломы, мякны, тонких веток деревьев, и т.п., а сверху присыпают землей и оставляют на несколько дней для стекания гравитационной воды в глубокие слои почвы.

Известно, что процесс стекания воды в глубокие горизонты не во всех почвах идет с одинаковой скоростью.

Поэтому для каждой почвы полевая влагоемкость определяется через определение промежутки времени.

На тяжелых по механическому составу почвах она определяется через каждые 2-5 дня, а на легких - через 1-2 дня до состояния равновесия.^{х)}

По истечении срока на площадке берут пробы для определения влажности почвы, обычным порядком, как это было описано выше при определении влажности почв. Образцы берутся в пятикратной повторности, послойно, через 10 см на всю глубину промачивания.

Влажность, отнесенная к весу и к объему почвы, характеризует полевую влагоемкость каждого отдельного горизонта почвы.

Запись результатов определения в окончательном виде ведется по следующей форме:

Почва, вариант опыта	Глубина, см	Глубина, на взятая проба, см	Исходная влажность (средняя), % к весу	Объемный вес, г/см ³	Полевая влагоемкость					
					повторность		средняя, %			
					I	II	III	IV	V	к весу: к объему

Средняя влажность для слоя 0-50 см или 0-100 см, выраженная в процентах к объему, показывает среднюю влагоемкость всего слоя.

Влагоемкость можно выражать в запасах воды (в кубических метрах на гектар) на различную мощность почвенного слоя. Порядок вычисления запасов воды был описан раньше. Понятно, что для перевода весового процента влажности в объемный, необходимо определить плотность каждого слоя почвы.

Полевую влагоемкость лучше определять весной, когда почва еще недостаточно просохла и не слишком уплотнена. Определение проводится только один раз.

Так как одновременно с влагоемкостью определяются объемный вес и скважность, результаты этих определений целесообразно представлять графически, как это было описано при опре-

х) С.И.Долгов (1966) считает, если влажность в удвоенный срок определения уменьшалась не более чем 0,5-0,7% (в среднем по всем глубинам), то это определение считать окончательным.

делении общей скважности. Часть скважности, не занятая водой, в этом случае характеризует воздухосодержание, которое будет иметь почва после полива, то есть в момент наибольшего его увлажнения.

Для определения наименьшей влагоемкости в лабораторных условиях берется монолит с ненарушенным строением и соответствующим образом монтируется для анализа (С.В. Астапов, 1958).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО-МОЛЕКУЛЯРНОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВЫ по методу А.Ф. Лебедева

Для определения максимальной молекулярной влагоемкости берут среднюю пробу почвы в количестве 15–20 г из предварительно растертой резиновым пестиком и просеянной через сито с отверстиями в 1 мм. Эту пробу переносят в фарфоровую чашку емкостью 50 мл и увлажняют ее до густой массы. Затем берут один листок фильтровальной бумаги или кусочек ткани (батиста) без ворса и сверху на нее накладывают металлическую пластинку толщиной в 2 мм, для глин и тяжелых суглинков и пластинку в 1 мм для супесей и песка, по середине с круглым отверстием диаметром в 5 см.

Подготовленную (тщательно размешанную шпателем) почвенную массу переносят в отверстие пластинки, хорошо ее притирают и выравнивают на уровне с краями отверстия пластинки. Затем пластинку осторожно снимают, а на бумаге остается кружок (лепешка) из почвенной массы. Этот кружок почвы сверху накрывают листком бумаги или батиста и затем с обеих сторон кружка кладут по 20 листов фильтровальной бумаги и помещают между двумя деревянными хорошо отшлифованными пластинками (прокладками), которые имеют толщину в 10 мм или металлическими пластинками толщиной в 0,5 мм.

Пластинки (прокладки) деревянные изготавливаются из прочного дерева квадратной формы, плоскости их должны быть параллельными. Бумага фильтровальная или батист должны быть заранее нарезаны точно по размеру деревянных пластинок.

Приготовив таким образом несколько почвенных образцов (обычно готовят 3–4 образца), их помещают под масляный гидравлический пресс и сжимают под давлением 65 кг на 1 см² в течение 10 мин. (на манометре пресса это давление равно 25 кг/см²).

при диаметре поршня пресса = 8 см, а испытываемого почвенного образца = 5 см).

После окончания 10-минутного сжатия почву из-под пресса вынимают, тщательно очищают ее от приставших волокон бумаги и переносят в сушильный стаканчик, взвешивают и подвергают высушиванию в сушильном шкафу при 105° до постоянного веса, а затем определяют влажность в процентах к весу сухой почвы.

При окончании отжатия, необходимо каждый раз испытать отжимаемую лепешку почвы на излом. Если она не сгибается, а легко разламывается на отдельные части, то водоотдача полностью закончена. В этом случае, когда лепешка сгибается (особенно это характерно для глинистых почв), то водоотдача не закончена полностью. Тогда еще раз следует определение повторить и время увеличить до 20-30 мин.

Повторные определения следует проводить не в одной и той же партии, а с другими образцами почвы.

Форма записи и расчеты максимальной молекулярной влагоемкости проводятся так же, как это описано в разделе влажности почв.

РАСЧЕТ ПОЛИВНЫХ НОРМ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ПОЛЕЗНЫХ ЗАПАСОВ ВОДЫ В ПОЧВЕ

Для расчета поливных норм нужно знать три величины: полевую влагоемкость, наименьшую (допустимую) влажность перед поливами и расчетную глубину промачивания почв.

Полевая влагоемкость, как это видно из описанного метода ее определения, представляет собой верхнюю границу увлажнения почвы, которая создается после полива или обильного дождя. Нижняя граница влажности, при которой необходимо давать полив для различных почв, неодинакова.

Исследованиями установлено, что при снижении влажности почвы, еще задолго до наступления влажности завядания, растения (хлопчатник) начинают страдать от недостатка воды.

Как показали опыты для получения наибольшего урожая при наиболее продуктивных затратах воды, поливать хлопчатник до цветения и в период цветения надо тогда, когда влажность равна 70% полевой влагоемкости данной почвы.

Следовательно, разница в запасах воды при полевой влагоемкости почвы (100 %) и при влажности в 70% составляет поливную норму нетто. Поливная норма брутто на незасоленных почвах выше

поливной нормы нетто на 10 %.

Так как влагоемкость почв разная (у большинства почв от 15 до 27 %), то неодинаковы и поливные нормы.

Для расчета поливной нормы расчетную глубину промачивания на почвах с глубоким залеганием грунтовых вод при поливах до цветения (для одного, двух поливов) и при поливах в созревании принимают за 50 и 70 см, а при поливах в цветение-плодообразование - за 1 м.

Тогда поливная норма брутто определится из уравнения:

$$W = (A - B) \cdot h + K,$$

где: W - норма полива, м³/га;

A - средняя влагоемкость почвы, % к объему в слое;

B - средняя влажность в том же слое перед поливами (фактическая или равная 70 % от величины A)

h - мощность расчетного слоя почвы, см;

K - потери воды на испарение в процессе полива, равняются, примерно 10 % расчетной поливной нормы, м³/га.

Физиологически полезный запас воды вычисляется по тому же уравнению, только за величину B принимают влажность завядания растений на данной почве, выраженной в процентах к объему почвы.

Эта величина характеризует те запасы воды в почве, которые могут использоваться растением при отсутствии поливов, например, в богарных условиях. Иначе говоря, это - потенциальные возможности почвы в отношении запаса воды для создания урожая.

7. ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЧВЫ

Под водопроницаемостью почвы понимается способность почвы впитывать и пропускать через себя воду. Впитывание характеризует первую фазу водопроницаемости, когда свободные поры почвы заполняются водой. После заполнения полностью пор водой, наступает вторая фаза водопроницаемости - фильтрация.

Водопроницаемость и водоудерживающая способность почвы - наиболее важные ее свойства, определяющие, при прочих равных условиях, запасы воды в почве. В условиях орошаемого земледелия определение этих величин приобретает исключительное значение.

Количественно водопроницаемость, в зависимости от способа определения, выражается или в кубических метрах на гектар в единицу времени (минута, час, сутки) или же в миллиметрах вод-

ного столба за единицу времени.

Выбор способа определения водопрооницаемости в полевых условиях зависит от поставленных целей и технических возможностей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ МЕТОДОМ БОРОЗД

(по С.Н.Рыжову)

В районах орошаемого земледелия при бороздковом способе полива водопрооницаемость определяется методом борозд.

Для этой цели на поливном участке выбираются три отрезка борозд длиной в 1 метр. Если же на поле борозды не нарезаны, их делают лопатой применительно к ширине междурядий, принятой в данных условиях производства. Эти отрезки с обеих сторон перегородиваются железными щитами, врезаемыми в почву на глубину 10-15 см ниже дна борозды. Средняя бороздка служит для наблюдений за водопрооницаемостью, а две боковые являются защитными для предохранения растекания воды из средней борозды в стороны. Отсчеты впитавшей воды проводятся в средней борозде.

Борозды наполняются определенным слоем воды (примерно, 5-7 см). В течение всего времени наблюдений поддерживается постоянный уровень воды в бороздах (высота напора). Для этого применяют металлические резервуары, можно стеклянные, с мариоттовским приспособлением (рис. 8). Емкость и высоту можно брать любую, в зависимости от возможностей изготовления резервуаров.

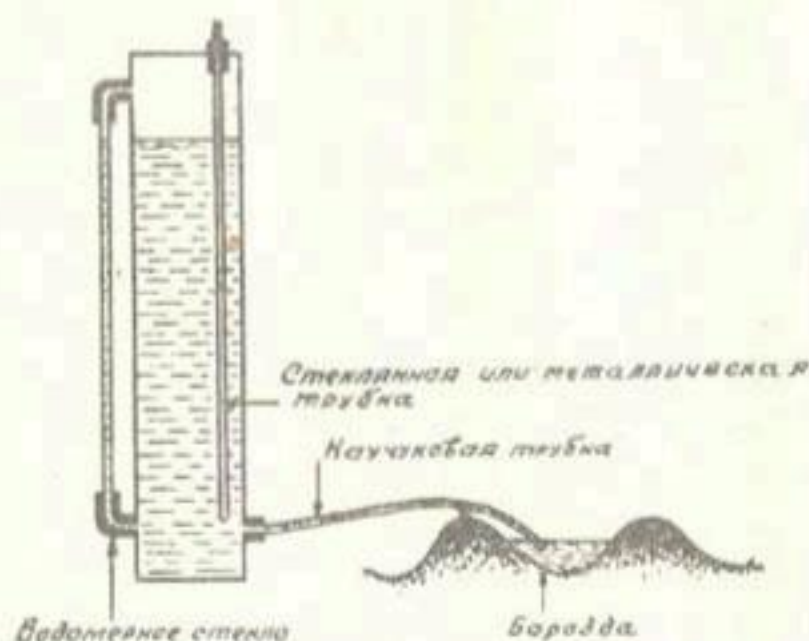


Рис. 8. Схема установки прибора для определения водопрооницаемости в бороздах.

При определении водопроницаемости необходимо нижний конец трубки, по которой поступает воздух, установить на одном уровне с поверхностью воды в борозде. Тогда соответствующее количество воды по мере фильтрации будет поступать из резервуара без уменьшения величины напора.

Количество впитанной воды отсчитывается через определенные промежутки времени по водомерной трубке, разделенной по длине на миллиметры; в начале опыта в течение первого часа через 10 минут и в течение последующих двух часов через 30 минут. Наблюдения проводятся не менее трех часов, но лучше в течение 6 часов, а в отдельных случаях — в течение 10 часов. Зная диаметр резервуара и высоту слоя впитанной воды, можно вычислять объем фильтрации в единицу времени на 1 метр длины борозды:

$$V = \frac{\pi r^2 \cdot h}{t},$$

где: V — объем впитанной воды в единицу времени t (мин, час), мл³,

r — радиус резервуара, см;

h — высота слоя впитанной воды за время (отсчет по водомерной трубке), см;

t — время наблюдений, мин.

$\pi = 3,14$.

Полученные по этому уравнению данные могут служить для сравнения водопроницаемости различных почв, агротехнических фонов или вариантов опыта.

При окончательной обработке материалов количество впитанной воды лучше выражать в кубических метрах на гектар. Для этого величина впитанной воды в единицу времени на 1 метр борозды умножается на 16667 (длина борозд на гектаре при ширине их 0,60 м).

Полученные данные показывают, объем впитанной воды в кубических метрах на гектар в единицу времени.

В течение года желательно провести не менее трех определений: весной, летом и осенью, чтобы представить водопроницаемость в динамике. Понятно, что для сравнительной характеристики отдельных почвенных разностей и фонов можно ограничиться и одним определением.

Результаты определений записываются по следующей форме:

Почва, вариант опыта	:Повторность :определения	:Время наблюдения : час : мин	:Уровень воды в резервуаре	:Расход воды за время :отсчета	:Расход воды, мм/мин
----------------------	---------------------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------------	----------------------

Наиболее точное представление о скорости впитывания воды в почву на хлопковых полях дает учет поливной воды при обычном поливе отдельных делянок или вариантов опыта. Для этого на всех изучаемых делянках ставится по два водослива — для учета поступающей и сбрасываемой воды. Учет воды производится обычным порядком по водосливной книжке.

Полив прекращается после того, как на каждую делянку поступит заданная норма воды, например, по $800 \text{ м}^3/\text{га}$. Время полива, необходимое для впитывания всей заданной нормы, дает представление об относительной водопроницаемости различных фонов или вариантов опыта. Можно сделать и несколько иначе.

На всех изучаемых делянках полив продолжается, например, 10–12 часов и за это время учитывается количество поступившей воды. О скорости впитывания можно судить по общему количеству поступившей воды на каждую делянку при одинаковой продолжительности полива.

При необходимости вычисления времени, потребного для впитывания определенной поливной нормы, например, $800 \text{ м}^3/\text{га}$, пользуются уравнением Костякова. О том, как пользоваться уравнением достаточно подробно описано в статье Е. М. Ципленкина, опубликованной в 1936 г. в сборнике "Физика почв СССР".

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ МЕТОДОМ РАМ ИЛИ ЦИЛИНДРОВ

При территориальных исследованиях для характеристики почв в целях ирригации, мелиорации или для характеристики люцерновых фонов, необходимо иметь показатели водопроницаемости, выраженные в миллиметрах водного столба в единицу времени. В этих случаях применяют метод рам (или цилиндров), а иногда метод изолированных колонн. Техника определения методом рам (цилиндров) несложная и заключается в следующем.

Техника определения методом цилиндров. Для этой цели вместо отрезков борозд берут

две-три пары металлических открытых цилиндров диаметром ., примерно, в 25 и 35 см, высотой 25-30 см.

На ровной площадке цилиндры концентрические (вставленные один в другой) врезаются в землю на глубину 10-15 см, вокруг с внешней стороны хорошо утрамбовываются землей. Затем цилиндры заполняют водой из трех резервуаров, которые уже описывались. Внутренний цилиндр служит для наблюдений, а внешний - является защитным для предохранения растекания воды из внутреннего цилиндра в стороны. Порядок наблюдений за водопроницаемостью тот же.

Результаты вычисляются по уравнению (в миллиметрах водного столба).

$$v = \frac{\pi r^2 \cdot h}{\pi r^2 \cdot t},$$

где r - радиус среднего круга.

Другие обозначения те же, что и на стр. 78.

Более просто постоянный уровень воды в этом случае может быть поддержан при помощи соответственно приспособленной бутылки, опрокинутой на трехногий таган. Приспособление состоит из стеклянной трубки, вставленной через каучуковую пробку в горло бутылки и опущенной в воду, как это делается при непрерывном промывании почвы или осадков в лаборатории. Бутылку необходимо проградуировать, для чего на нее наклеивается миллиметровая бумага и определяется цена одного деления.

Наблюдение за впитыванием проводится таким же путем, как и в первом случае.

Техника определения методом квадратных рам. В этом случае вместо концентрических кругов берутся две-три пары металлических или деревянных рам, покрашенных и обитых снизу железом размером: внутренние 25х25 см или лучше 50х50 см; внешние рамы - соответственно 50х50 и 100х100 см, высотой 25-30 см.

На характерной части делянки рамы врезают в почву на расстоянии 50 см друг от друга на глубину не менее чем 10-15 см. Внутренняя рама служит для наблюдений, а внешняя - для защиты от растекания воды из внутренней рамы в стороны. Подача воды в рамы производится тем же способом, как было описано выше. При чем необходимо отметить, что во внешнюю раму (защитная) вода может подаваться не из резервуара с мариоттовским при-

способлением, а подливанием из кружки. Только для внутренней рамы необходим резервуар. Чтобы исключить испарение воды, рамы в период наблюдений прикрываются фанерными листами.

При отсутствии резервуаров с мариоттовским приспособлением отсчет впитанной воды можно производить по рейке, которая вбивается в землю во внутренней раме и устанавливается над поверхностью почвы высотой 5 см. Впитанная вода в этом случае пополняется из кружки. Водопроницаемость определяется в двух-трехкратной повторности. Наблюдения за впитыванием воды ведут: в начале через 2, 3, 5 и 10 минут в течение первого часа, затем через 30 и 60 минут.

Водопроницаемость подсчитывается путем деления количества впитанной воды (в мл) за тот или иной интервал времени на время впитывания (в минутах), умноженное на площадь по следующей формуле:

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

где: Q — количество прилитой (впитавшейся воды), мл;

S — площадь рамы, см²;

t — время наблюдений, мин.час;

10 — перевод в мм.

Полученные результаты по скорости впитывания воды в почву (и особенно значения коэффициентов фильтрации) обычно приводят к температуре 10°C, по формуле Хазена:

$$v_{10} = \frac{v_t}{0,7 + 0,03t}.$$

ЗАРИСОВКА КОНТУРА СМАЧИВАНИЯ ПОЧВЫ

На небольших площадках, например, при изучении водопроницаемости, вода проникает не только вниз, но и растекается в стороны. На грунтах слоистых с тяжелой подпочвой и при наличии уплотненного подпахотного слоя, вода в меньшей степени проникает вниз, а больше растекается в стороны. Поэтому распределение его по почвенному профилю при изучении водопроницаемости дает наглядное представление о характере сложения почвенного профиля и наличии отдельных крупных ходов.

Зарисовка контура смачивания производится следующим образом.

После определения водопроницаемости или при специальном промачивании почв для зарисовки контуров смачивания поверхность почвы прикрывается изолирующим материалом (соломой, сеном и т.п.) и оставляется на сутки. После этого, по диаметру круга впитывания делается вертикальный разрез на всю глубину промачивания и в стороны — на ширину растекания. Смоченный профиль (контур) имеет более темный цвет и хорошо заметен, если промачивались относительно сухие почвы.

В разрезе по середине контура смачивания от поверхности почвы вниз свешивается сантиметровая лента, по которой определяется глубина промачивания. От этой ленты делаются промеры в обе стороны, до края смоченного профиля.

Все замеры (вниз по вертикали и в стороны по перпендикуляру к вертикальной линии) в определенном масштабе наносятся на миллиметровую бумагу. Обычно на десять сантиметров в натуре откладывается один сантиметр на бумаге. Но можно взять и любой другой масштаб.

Зарисовки нужно вести в трехкратном повторении, то есть по всем точкам наблюдений за водопроницаемостью.

8. ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА

Воздушный режим почвы определяется ее воздухоемкостью, воздухопроницаемостью и аэрацией.

Под воздухоемкостью следует понимать содержание воздуха в почве, выраженное в процентах от объема ее. Воздухоемкость определяется как разность между общим количеством пор в почве и объемом влаги, удерживаемой почвой в данный момент по формуле:

$$V_{\text{возд}} = V_{\text{общ}} - V_{\text{воды}},$$

где: $V_{\text{возд}}$ — воздухоемкость, в % объема при данной влажности;

$V_{\text{общ}}$ — общая порозность, %;

$V_{\text{воды}}$ — объем пор, занятых влагой, %.

С изменением порозности и влажности почвы изменяется и

ее воздухоемкость. Важной характеристикой почвы является воздухоемкость при полевой влагоемкости. По данным многих исследователей она не должна опускаться ниже 10-12 %, т.к. при этом резко нарушается газообмен почвы с атмосферой, что часто приводит к гибели растений.

ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ. Способность почвы пропускать через себя воздух или газы называется воздухопроницаемостью. Она во многом определяется сложением почвы, ее структурным состоянием и водопрочностью структурных агрегатов, плотностью их упаковки.

В практике почвоведения применяются реометрические и монометрические методы определения воздухопроницаемости.

Реометрический метод Н.Ф.Добрякова

Метод основан на измерении скорости прохождения воздуха через почву как непосредственно в поле, так и в лабораторных условиях (рис.9).

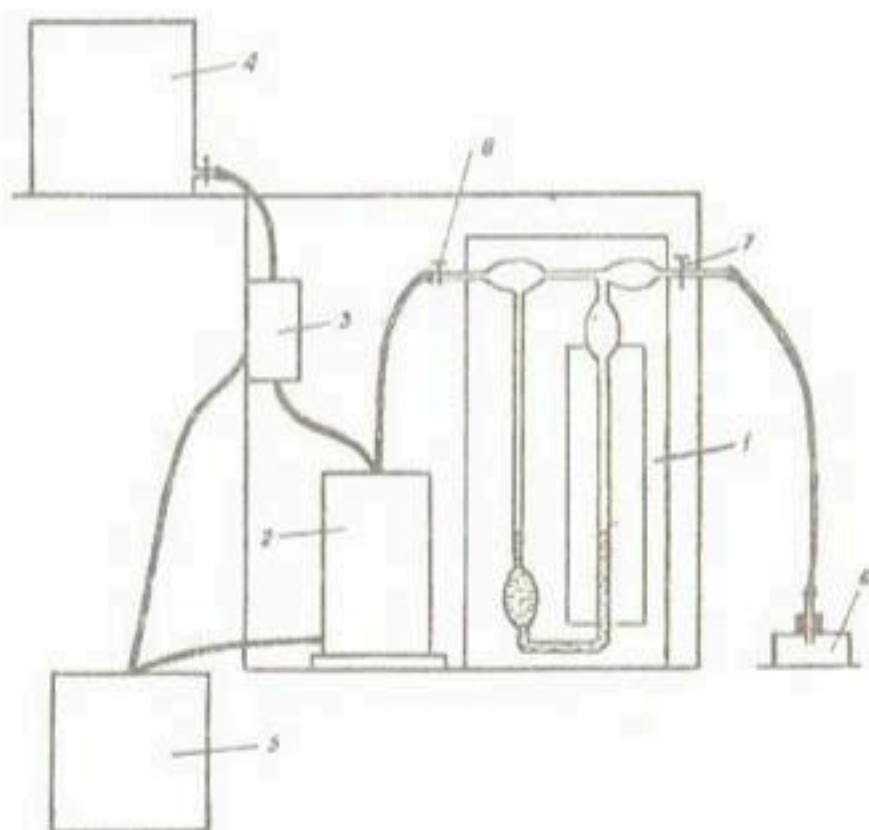


Рис.9. Схема прибора Н.Ф.Добрякова.

1- реометр; 2-регулятор давления воздуха; 3-регулятор постоянного уровня; 4-5 - баки для воды; 6-цилиндр; 7-8-трехходовые краны.

Прибор состоит из реометра (1), регулятора скорости прохождения воздуха (2), регулятора постоянного уровня давления (3), двух баков — одного для подачи воды (4), другого для сбора сбросной воды (5) и цилиндра (6) емкостью 500 см³. При работе в поле цилиндры (предварительно смазанные солидолом) заглубляют в почву в соответствующем горизонте. Отводную трубку закрывают в верхней части цилиндра, присоединяют резиновым шлангом через трехходовой кран (7), ставят в положение на атмосферу. Затем открывают кран напорного бака с водой (4), откуда она поступает в регулятор давления (3). Излишки воды сбрасываются по трубке в бак (5). Из регулятора постоянного уровня вода поступает в регулятор скорости прохождения воздуха (2). Путем передвижения регулятора скорости воздуха по высоте, добиваются постоянной и определенной скорости движения воздуха в атмосферу 100 мл/мин. Такое регулирование скорости движения воздуха в атмосферу проводится перед каждым определением воздухопроницаемости.

Затем кран (7) переключают на почву и производят отсчет по реометру. Показания шкалы при этом выражают воздухопроницаемость почвы в % к скорости выхода воздуха в атмосферу. При заполнении регулятора скорости воздуха (2) водой на 3/4 объема, останавливают подачу воды из напорного бака (4) и при открытом на атмосферу кране (8) воду сливают в сбросной бак (5). По мере заполнения сбросного бака, воду из него переливают в напорный бак.

Повторность определений в полевых условиях должна быть не менее десятикратной.

При определении воздухопроницаемости в лабораторных условиях вместо цилиндра (6) через специальную крышку (рис. 9) следует подключить к реометру цилиндры с исследуемой почвой нарушенного или ненарушенного сложения. Объем цилиндра равен 500 см³. В остальном определение ведется так же, как и в полевых условиях.

Автор метода предлагает использовать прибор для характеристики водопрочности почвенной структуры — определяя воздухопроницаемость до и через час после избыточного увлажнения образца почвы. Почва с водопрочной структурой через час после замачивания восстанавливает свою воздухопроницаемость, а с неводопрочной — резко снижает ее.

МАНОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭВАНСА И КИРХАМА

Метод основан на измерении времени выхода определенного объема воздуха в почву и в атмосферу. Воздухопроницаемость при этом измеряется в единицах дарси. Дарси — единица проницаемости пористой среды. Количественно дарси равно количеству кубических сантиметров жидкости с вязкостью в один санти пуаз (или газа приведенного к этой вязкости), протекающих в 1 сек нормально к поверхности среды в 1 см^2 при градиенте давления ΔP 1 атм на 1 см длины.

Определения на приборе, показанном на рис. 10., ведутся следующим образом.

Металлическое кольцо (1) неглубоко врезают в почву, заливают поверхность почвы в кольце парафином и через резиновый шланг соединяют с трехходовым краном (8) воздушного бака (4). Далее при закрытом кране (8) и открытом (9) накачивают воздух в бак, создавая там давление 30–40 см водного столба (по манометру 6). Затем перекрыв кран 9, открывают на атмосферу кран 8

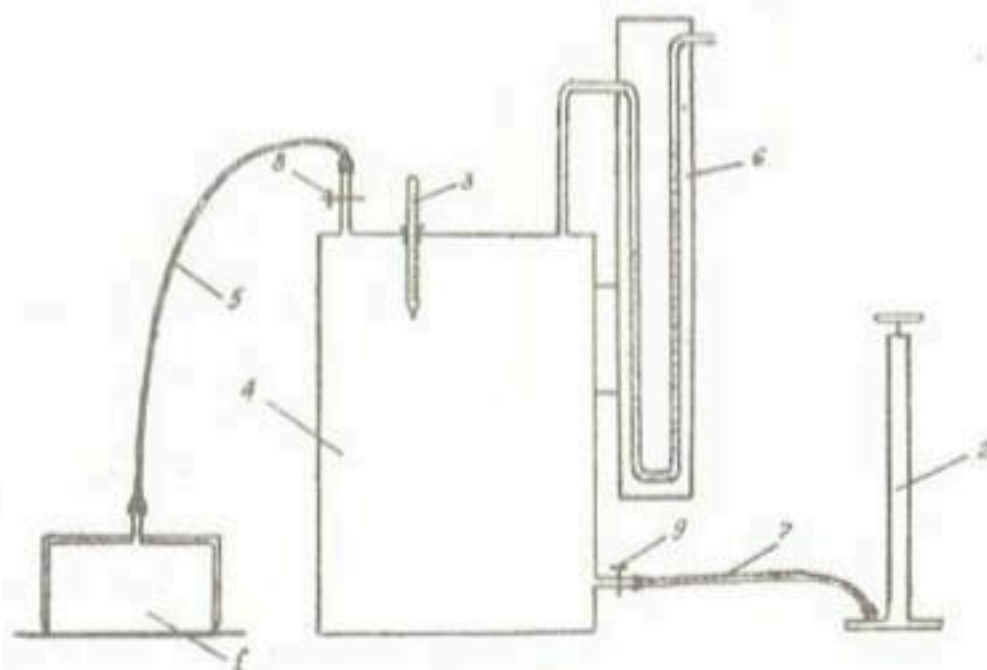


Рис. 10. Схема прибора Эванса и Кирхама.

1—металлическое кольцо; 2—насос; 3—термометр; 4—воздушный бак; 5, 7 — шланги; 6—манометр; 8, 9 — краны.

и одновременно включают секундомер, измеряя время (t_1), выхода воздуха из бака до выравнивания давления по манометру с атмосферным давлением. После этого, закрыв кран 8 и открыв 9, снова нагнетают в бак воздух до заданного давления и, открывая кран 8 на почву, измеряют время (t_2) выхода воздуха через почву.

Расчет ведется по формуле $K = \frac{2,30 \cdot \eta \cdot V}{A \cdot P_a \cdot t} \lg \frac{h_0}{h_1}$,
где: K - воздухопроницаемость, дарси; S - вязкость, сантипуаз;

V - объем бака, см³, P_a - атмосферное давление, атм;

h_0 - высота столба воды в манометре в начале опыта, см;

h_1 - высота столба воды в манометре в конце опыта, см;

t - время опыта ($t = t_1 - t_0$), сек;

A - константа, выраженная в см, которая зависит от:

r_1 - радиуса трубки, см; r_2 - радиус металлического кольца, см. Авторы считают, что при $\frac{r_2}{r_1} > 4$, $A = 4r_1$, можно выразить воздухопроницаемость и в относительных процентах:

$$K = \frac{t_1}{t_2} \cdot 100,$$

где: t_1 - время, за которое выравнивается давление при выходе воздуха в почву;

t_2 - то же, при выходе в атмосферу.

Повторность не менее десятикратная.

Этот прибор более прост, а установку нетрудно собрать в лаборатории. Определения так же, как и в приборе Добрякова, можно вести и в поле и в лаборатории на образцах ненарушенного и нарушенного сложения.

Аэрация

О газообмене между почвой и атмосферой можно судить по выделению CO_2 из почвы.

Наиболее простым и удобным в работе является метод Штанова, основанный на адсорбции щелочью выделяемого CO_2 с изолированной площади.

На поверхность почвы, или в более глубоких горизонтах ее устанавливается сосуд с 0,1 н раствором щелочи и накрывается сосудом-изолятором. В зависимости от интенсивности выделения CO_2 устанавливают время поглощения: 1-3 часа днем и 6-8 часов ночью. По истечении установленного времени сосуд-

изолятор снимается, а остаток не прореагированной щелочи оттитровывается по фенолфталеину 0,1 н раствором HCl. Перед титрованием к раствору щелочи добавляют 1-2 насыщенных раствора BaCl_2 для связывания поглощенного CO_2 .

А.Г.Бондарев считает, что необходимо вести определенное соотношение поверхности поглотителя и изолированной поверхности почвы, для чего используют сосуды-поглотители (чашки Петри) диаметром 10 см, а сосуды-изоляторы - 14 см, т.е. площадь поглотителя составляет примерно 50% изолированной поверхности почвы.

Расчеты проводят по формуле:

$$Q = \frac{a \cdot 2,2 \cdot 10000}{S \cdot t},$$

где Q - количество CO_2 в мг, выделившейся с площади 1 м² за 1 час;

a - количество 0,1 н щелочи, связанной с CO_2 , мл,

t - время экспозиции, час,

2,2 - коэффициент перевода объема 0,1 н щелочи в мг CO_2 ;

S - изолированная площадь, см².

Полученные данные позволяют так же рассчитать коэффициент диффузии. Н.Б.Макаров предлагает рассчитывать его в литрах CO_2 , выделяющегося за 1 час через слой почвы высотой 0,2 м, площадью 1 м² и приведенных к единичному градиенту концентрации CO_2 по формуле: $D = \frac{Q \cdot 0,2 \cdot 100}{1,97 (c - 0,03)}$,

где: Q - интенсивность выделения CO_2 из почвы в граммах с 1 м² в час;

0,2 - слой почвы, м;

1,97 - вес 1 л CO_2 , г;

c - содержание CO_2 в объемных процентах в почвенном воздухе на глубине 20 см;

0,03 - среднее содержание CO_2 в атмосфере, %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ УГЛЕКИСЛОТЫ И КИСЛОРОДА

По составу почвенный воздух заметно отличается от атмосферного, хотя и имеет единую с ним природу. Содержание кислорода в нем составляет обычно 18-20%, азота - около 79 % и углекислоты - 0,15-3%. При нормальной аэрации (не затрудненной) соотно-

ление кислорода и углекислого газа обычно постоянное и в сумме составляет 21% (как в верхних, так и в нижних горизонтах). С глубиной количество CO_2 возрастает, а O_2 уменьшается. Нарушение газообмена может резко изменить состав почвенного воздуха. А.Г.Бондаревым и др. установлено, что содержание O_2 может падать до 3-6 % и даже до 1%, а CO_2 увеличиться до 3-5 %.

Различия в составе почвенного воздуха по сравнению с атмосферным обусловлены биологическими процессами, протекающими в почве: поглощение O_2 корнями растений и микроорганизмами и выделение CO_2 .

Метод определения состава почвенного воздуха складывается из двух этапов: отбора проб почвенного воздуха и анализа взятой пробы.

Пробы почвенного воздуха отбираются с помощью латунных или медных трубок, постоянно установленных в почве при стационарных исследованиях, и с помощью иглобуров при разовых определениях.

При отборе проб почвенного воздуха необходимо тщательно соблюдать условия строгой герметизации прибора, чтобы избежать засасывания в трубки атмосферного воздуха.

А.Г.Бондарев предлагает применять трубки медные или латунные диаметром 2-4 мм, на нижнем конце которых на протяжении 4-5 см высверливаются отверстия диаметром 1 мм на расстоянии 5-10 мм. Для устойчивого закрепления в почве к концу трубки припаивается латунная пластинка диаметром 20-25 мм. Нижний конец трубки помещается в стеклянный футляр, наполненный стекловатой с тем, чтобы предохранить всасывающие отверстия трубки от засорения.

Вместо латунных трубок можно применить стеклянные диаметром 4-5 мм. Нижний конец такой трубки заполняется крупным отмытым песком, который удерживается с помощью мелкой капроновой сетки и резинового кольца. На верхний конец трубки одевается резиновый шланг длиной 7-10 см с зажимом или стеклянной пробкой.

После подготовки и этикетировки трубки устанавливаются под небольшим углом к горизонту на ту или иную глубину в почве, в зависимости от целей и задач исследования. Установка

трубок производится либо по стенке разреза (прикопки), либо в пробуренные скважины. После установки трубок, почва вокруг них тщательно утрамбовывается. Сверху трубки лучше закрывать колпаком от загрязнений.

Отбор проб почвенного воздуха

Пробы почвенного воздуха отбираются при помощи аспиратора в пипетки Зегера объемом 150–200 см³. При отсутствии их можно использовать конические колбы с резиновыми пробками (рис. II).

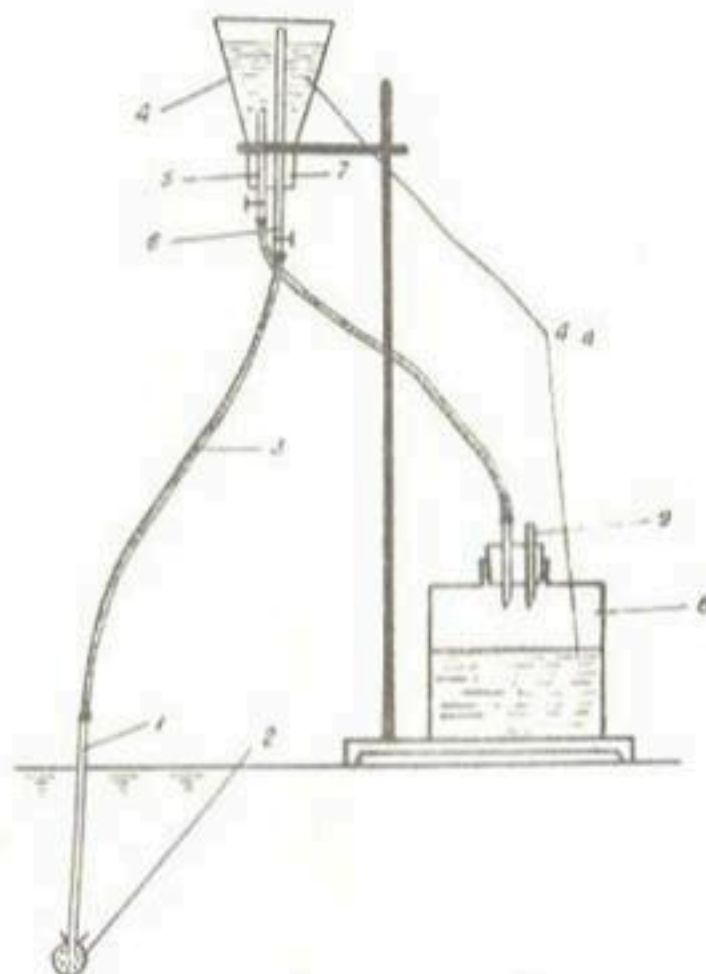


Рис. II. Установка для отбора проб почвенного воздуха.

1— трубка для забора проб воздуха; 2— капроновая сетка с крупным песком; 3— резиновая трубка для подачи воздуха; 4— колба для пробы воздуха; 4^в— затворная жидкость; 7— пробка с трубкой (5) для отвода жидкости и трубкой (6) подающий воздух; 8— сосуд для сбора затворной жидкости; 9— трубка для выхода воздуха.

Перед взятием пробы воздуха колбы доверху наполняются затворной жидкостью – насыщенным раствором хлористого натрия (360 г на 1 л воды) подкрашенным метилоранжем. Можно применять и другие жидкости – воду, подкисленную серной кислотой, а также ртуть.

Техника отбора проб воздуха

Отбор пробы производится следующим образом. Шланг (3) присоединяется к трубке (1), кран трубки (6) открывается, колба (4) переворачивается вверх дном, затем открывается кран на трубке (5). В результате затворная жидкость из колбы (4) вытекает в сосуд (8), а почвенный воздух засасывается в нее. После забора небольшого количества воздуха (50 см^3) кран на трубке (5) закрывается, колба опускается ниже уровня воды в сосуде (8), трехходовой кран трубки (6) открывается на атмосферу и забранный воздух вытесняется в атмосферу. Проводится это для того, чтобы очистить трубку (3) от имеющегося там воздуха. Затем указанным выше способом всю колбу заполняют почвенным воздухом, оставляя там 1–2 см^3 затворной жидкости для перекрытия возможного прохода воздуха в пробке. Далее краны трубок (5) и (6) перекрываются, колба вместе с пробкой опускается в небольшое ведро с затворной жидкостью на глубину 1–2 см, пробка (7) вынимается, а на ее место ставится обычная резиновая пробка без отверстий и крепко закрывается. После этого колбы с пробами воздуха доставляются в лабораторию на анализ.

Анализ состава проб почвенного воздуха удобнее производить на газоанализаторе ВТИ-2, серийно выпускаемом нашей промышленностью и имеющим в устройстве балансометр, позволяющий работать без поправок (очень громоздких вычислений) на разницу в атмосферном давлении.

Устройство газоанализатора ВТИ-2 схематично показано на рис. 12.

Перед началом работы газовую бюретку (1) заполняют затворной жидкостью через напорную склянку (5). В качестве такой жидкости используют насыщенный раствор NaCl (360 г на 1 л воды), подкрашенный метилоранжем или 10%-ный раствор H_2SO_4 , подкрашенный фенолфталеином. При заполнении бюретки раствором открывают кран (6) на атмосферу и сначала наполняют левое (3),

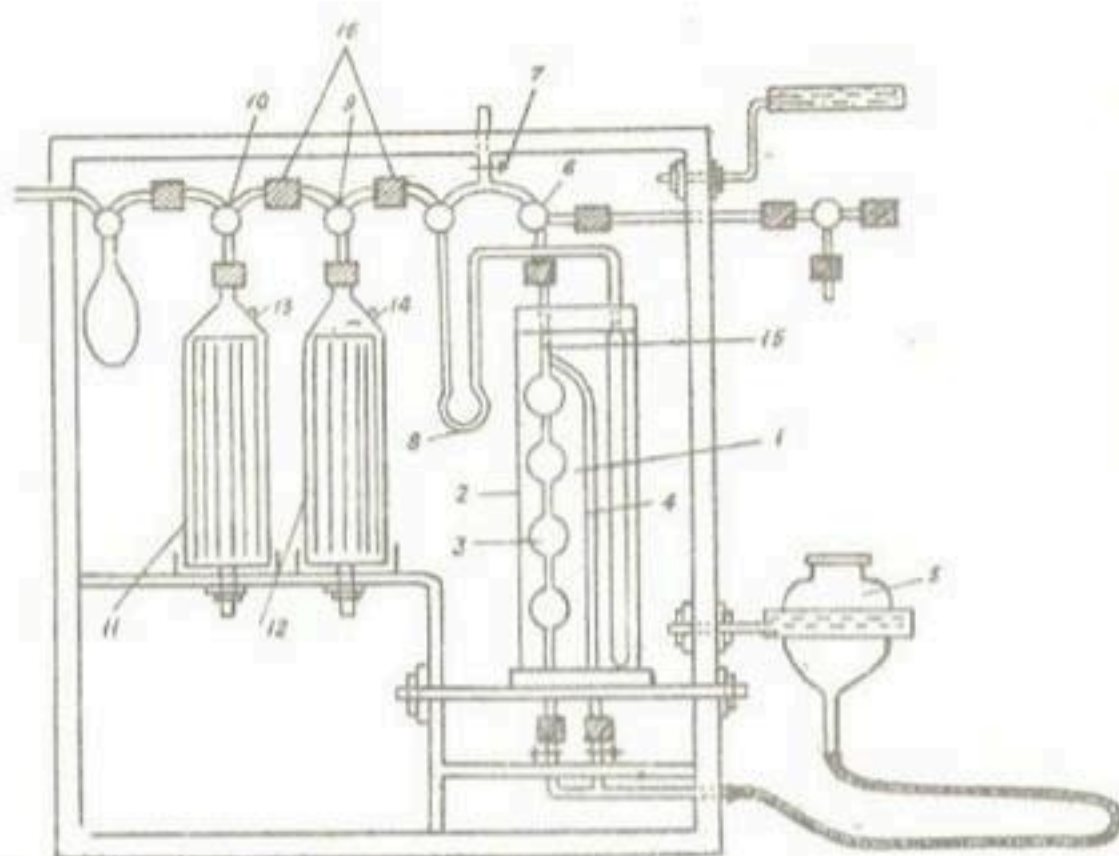


Рис. 12. Газоанализатор ВТИ-2.

1—двухколенная бюретка; 2—стеклянный цилиндр к бюретке; 3—левое колено бюретки; 4—правое колено бюретки; 5—напорная (уровнительная) склянка; 6—7—9—10 — краны; 8—балансометр; 11—12—поглотительные сосуды; 13—14—отверстия для заправки сосудов; 15—метка нулевая; 16—гребенка к поглотительным сосудам.

потом правое (4) колено. Поднимая или опуская уравнительную склянку (5), доводят объем жидкости до метки (15) и закрывают краны (4) и (6).

Потом наполняют поглотительные сосуды. Сосуд (12), через отверстие (14) заполняют с помощью воронки 33% раствором KOH (48 г сухого KOH растворяют в 100 мл воды) до половины сосуда. Затем соединяют сосуд (12) с бюреткой и путем опускания склянки 5 подтягивают поглотитель в верхнюю часть сосуда до метки. Перекрывают сосуд (12) краном (9), снова наполняют бюретку (1) затворной жидкостью и таким образом наполняют сосуд (11) раствором пирогваллола (смесь 28 % пирогваллола с 80 мл слегка подогретой воды выливают в 118 мл раствора 33% KOH).

Прежде чем приступить к забору и анализу пробы почвенного воздуха необходимо проверить всю систему на герметичность. Для этого включают в систему краны (9) и (10). Кран (6) поворачива-

ют таким образом, чтобы бюретка сообщалась с поглотительными сосудами (I1) и (I2) и была закрыта на атмосферу. После этого открывают краны (3) и (4) и опускают напорную склянку (5) вниз. Если система герметична, жидкость в бюретке сохранится на прежнем уровне или слегка опустится и останется на том же уровне. Если же система не герметична, то раствор в бюретке будет все время опускаться, пока весь не перейдет в напорную склянку. В таком случае необходимо проверить герметичность всех соединений и устранить утечку.

Затем к крану (6) подсоединяют колбу с анализируемым газом, промывают им гребенку. Воздух из бюретки (I) вытесняют при открытом на атмосферу кране (6), доводя объем затворной жидкости из склянки (5) до нулевой отметки (15). Закрывают краны (6), (3) и (4). Далее к отростку крана (6) присоединяют колбу с анализируемым газом, открывают кран аспиратора для подачи затворной жидкости в колбу с газом, а также выходной кран колбы. Медленно опуская склянку (5), заполняют бюретку анализируемым воздухом до нижних отметок на большой и малой частях бюретки (I), кран (6) открывают на поглотители, оба крана на колбе с воздухом закрывают.

После взятия пробы газа открывают на мгновение кран (7) для выравнивания давления внутри пипетки с атмосферой. Если при этом опустился или поднялся уровень затворной жидкости в бюретке (I), следует его вернуть в прежнее положение. Для этого кран (6) открывают на колбу с воздухом, краны на колбе открываются, и напорной склянкой (5) восстанавливают уровень жидкости в бюретках.

Объем взятого газа равен сумме показаний обоих отростков бюретки, плюс 2 мл объема газа в гребенке. Затем перегоняют газ из бюретки в поглотитель (I2) поднятием склянки (5) при открытых кранах (6) и (9), где поглощается CO_2 .

Воздух в поглотителе выдерживается 2-3 минуты и вновь возвращается в бюретку. Так повторяют 3-5 раз, после чего измеряют объем оставшегося в бюретке воздуха. Для этого уровень жидкости в большом колене бюретки доводят до метки (которая ближе к исходному уровню) и закрывают кран (3), а уровень жидкости малого колена бюретки совмещают с уровнем ее в склянке (5) и закрывают кран (4). Уменьшение объема газа в пересчете на 100

процентов объема дает процент CO_2 . Поглощение CO_2 повторяют дважды.

Таким же путем пропускают пробу воздуха через поглотитель (II) и определяют содержание O_2 в процентах.

Взятый объем воздуха (200–250 мл) позволяет дважды определить его состав и тем самым повысить точность определений. В начале, середине и конце опыта измеряют температуру воздуха и атмосферное давление для пересчета объема газа к нормальным условиям.

Расчеты проводят по следующей формуле:

$$V_x = \frac{V_1 - V_2}{V \cdot 100},$$

где: V – первоначальный объем анализируемой пробы газа;
 V_1 – объем газа перед поглощением данного компонента;
 V_2 – объем газа после поглощения данного компонента;
 V_x – процентное содержание данного компонента в анализируемом газе.

Пример: Взято газа первоначально 80 мл + 15,6 мл = 95,6 мл. После поглощения CO_2 осталось газа 80 мл + 13,25 мл = 93,25 мл

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{95,6 - 93,25}{95,6} \cdot 100 = 2,46 \% \text{ CO}_2$$

После поглощения O_2 осталось газа 60 мл + 16,45 мл = 76,45 мл

$$V_{\text{O}_2} = \frac{93,25 - 76,62}{95,6} \cdot 100 = 17,58 \% \text{ O}_2$$

Приведение объема газа к нормальным условиям проводится следующим образом.

Если объем измеренного газа равен V при t° и давлении P , то объем его V_0 при 0° и 760 мм вычисляется по формуле:

$$V_0 = V \frac{P}{760 (1 + 0,00367 t^\circ)}$$

9. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ СПЕЛОСТИ ПОЧВЫ

Под физической спелостью понимается такое состояние влажности почвы, при которой достигается наилучшая ее разделка при обработке. При вспашке, культивации и бороновании почвы в состоянии физической спелости образуется наибольшее количество агрономически ценных агрегатов размером от I до 10 мм, без образования крупных глыб и пыли.

Очень важно отметить, что при этом почвенные агрегаты не

разрушаются, а получают наилучшее оформление. Тяговые усилия на обработку снижаются до наименьших размеров.

В результате такой обработки создается наиболее благоприятное соотношение между твердой фазой, водой и воздухом, обеспечивающее наилучшие условия для биологической деятельности и накопления питательных веществ. Прямые полевые опыты показали, что обработка спелой почвы обеспечивает наиболее высокий урожай хлопка.

Обработка почвы в пересушенном или в переувлажненном состоянии дает глыбистую пашню с большим количеством пыли. На грубо разделенной почве трудно сохранить влагу и получить всходы. Обработка такой почвы требует много усилий.

Таким образом, умение определять физическую спелость, при которой рекомендуется обрабатывать почву, имеет большое значение.

Из вышеприведенного вытекает, что физическая спелость почвы характеризуется определенным интервалом влажности, в котором она обладает всеми указанными выше благоприятными качествами.

Прямых методов определения физической спелости почвы, доступных для широкого пользования, нет, есть методы косвенные. Из них мы остановимся на методе определения оптимальной влажности агрегации (по Виленскому) и на методах определения пределов пластичности по Аттербергу и Васильеву. В том и другом методах отыскивается влажность, при которой почва теряет свойства пластичности, наилучшим образом крошится и агрегируется.

Нужно указать, что понятие физической спелости относится только к глинистым и суглинистым грунтам; песчаные и супесчаные почвы мало изменяют свои свойства в широком диапазоне влажности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ АГРЕГАЦИИ ПОЧВЫ по Д.Г. Виленскому

Навеска воздушно-сухой почвы в 100-200 г, просеянная через сито с отверстиями в 0,25 мм, переносится в большую фарфоровую чашку и заливается определенным количеством воды из бюретки.

Затем деревянным шпателем в продолжение пяти минут почва

тщательно размешивается с водой. Нужно, чтобы вода равномерно распределилась по всей почве. На этом агрегация заканчивается.

При малой влажности часть почвы переходит в агрегаты, при высокой влажности, наоборот, почва переходит в слитое, неагрегированное состояние, или в очень крупные комки. И только в определенном, довольно узком интервале влажности вся почва агрегируется в комочки размером 1-10 мм. Эту влажность нужно отыскать.

Понятно, что для этого необходимо агрегировать (замешивать) одинаковые навески почвы с различным количеством воды.

Воду можно брать в таких количествах, чтобы в крайних интервалах, ее было заведомо мало и много для агрегации почвы. Например, для сероземов нужно применять от 14 до 23 весовых процентов воды в расчете на сухую почву.

Оптимальная влажность агрегации для сероземов составляет 18-20 %. Поэтому для нормальной агрегации 14 % влаги недостаточно, а 23% много. Интервалы между влажностями должны составлять около 1 %.

Нельзя забывать, что расчет ведется на сухую почву, поэтому предварительно необходимо определить ее гигроскопичность. Например, если гигроскопичность 2%, а замешивать почву нужно с 15%, то на 100 г сухой почвы необходимо добавить только 13 мл воды.

Замешенная таким образом почва немного подсушивается, а затем рассеивается через набор сит с отверстиями в 0,25; 0,5; 1; 3,5 и 10 мм.

После рассеивания фракции доводятся до воздушно-сухого состояния и взвешиваются. Процентное соотношение их определяется по формуле:

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

где: x — процентное содержание фракций;

a — вес данной фракции, г;

b — общий вес почвы, взятой для анализа, г.

За оптимальную влажность агрегации (структурообразования) принимается та влажность, при которой создается наибольшее количество агрегатов размером от 1 до 10 мм.

Ниже приводим данные агрегации сероземных почв при различ-

ной влажности (табл.8).

Таблица 8
Содержание фракций, % к весу почвы

Почвы	:Влаж- :ность, :% к :весу :почвы	Размер фракций, мм							:Сумма :I-10 :мм
		:мень- :ше :0,25	:0,25- :0,5 :1,0	:1-3	:3-5	:5-10	:боль- :ше :10		
Типичный серозем	14,0 18,3	45,8 5,2	14,5 8,7	17,0 29,9	21,5 46,7	1,2 9,2	- -	- -	22,7 55,9
Тяжелосу- глинистый	20,1	0,2	0,4	10,8	46,0	37,6	5,0	-	88,6
Аккавак	22,6	0,1	0,2	0,2	2,7	7,7	27,3	61,8	37,7

Наилучшая агрегация достигается при влажности 18-20 %.

Нужно, однако, отметить, что оптимальная влажность агрегации карбонатных почв всегда несколько выше влажности, соответствующей их спелому состоянию. Иначе говоря, оптимальная влажность для обработки почв в наших условиях на 0,5-1 % ниже оптимальной влажности структурообразования.

ПЛАСТИЧНОСТЬ ПОЧВЫ

Из пределов пластичности, установленных Аттербергом, обычно при исследовании физических свойств почв и грунтов, в целях агрономической их оценки, определяются следующие константы:

- а) верхний предел пластичности почвы или нижняя граница текучести;
- б) граница липкости;
- в) нижний предел пластичности или граница раскатывания.

Разность весовых влажностей, выраженная в % между верхним и нижним пределами пластичности почвы, составляет число пластичности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРХНЕГО ПРЕДЕЛА ПЛАСТИЧНОСТИ ИЛИ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ТЕКУЧЕСТИ по Аттербергу

Х о д а н а л и з а. В фарфоровую чашку диаметром в 12 см берется навеска в количестве 25-30 г воздушно-сухой почвы, предварительно растертой в ступке резиновым или деревянным пестиком с резиновым наконечником и просеянной через сито с

отверстиями диаметром в 1 мм.

В чашку приливают воды и размешивают металлическим шпателем до густой пасты. Затем чашку закрывают стеклом и ставят в эксикатор, на дне которого налита вода и выдерживают не менее одних суток в закрытом состоянии. После этого чашку вынимают из эксикатора, содержимое в ней тщательно перемешивают и разравнивают ее в слой, толщиной не менее 1 см. Затем почвенную массу делят специальным V-образным шпателем на две равные части, так чтобы между ними была щель, шириною по дну чашки 1-1,5, а на поверхности почвы - 12 мм. Потом по дну чашки ударяют три раза ладонью руки, или бросают чашку три раза с высоты 6 см. Если после трех ударов обе половины почвенной массы срываются у основания щели на 1 мм, длиной 1,5-2 см, то нижняя граница текучести при данном увлажнении почвы достигнута. Если при трех ударах отсутствует такое слияние почвенной массы, то добавляют несколько капель воды и повторяют еще раз то же испытание.

В том случае, когда слияние почвенной массы наступает раньше трех ударов, то в почвенную массу добавляют сухой почвы из того же образца, или излишнюю влажность удаляют путем подсушивания массы на воздухе и потом производят испытание. Когда требуемая консистенция почвенной массы достигнута, определяют влажность (влажность определяется обычным способом - для этой цели в два стаканчика берутся небольшие пробы, примерно, по 12-15 г.

Полученная влажность, выраженная в % к весу почвы, соответствует верхнему пределу пластичности или нижней границе текучести.

Повторность определения трехкратная. Влажность определяется в двукратной повторности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ТЕКУЧЕСТИ

по А.М. Васильеву (1952)

Принцип метода Васильева состоит в том, что нижняя граница текучести, определяется при помощи прибора "балансирующего конуса", погруженного под влиянием определенного веса (собственного веса 76 г) в увлажненную почвенную массу на глубину 10 мм (рис. 13).

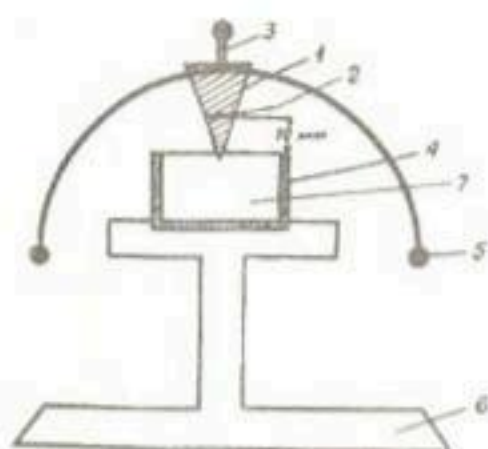


Рис. 13. Балансирный прибор (конус) А.М.Васильева.
1-конус; 2-круговая риска;
3-ручка; 4-формочка;
5-баланси́р; 6-деревянная
подставка.

Прибор представляет из себя небольшой полированный конус из нержавеющей стали под углом при вершине в 30° и высотой 25 мм. На расстоянии 10 мм от конца (острия) на конусе имеется круговая риска, служащая для замера погружения в почвенную массу. Для вертикального и равномерного погружения внутри верхней части конуса проходит стальной прут (толщиной в 3 мм), согнутый в полуокружность, на обоих концах которого укреплены одинаковые по весу металлические шарики диаметром в 19 мм.

В центре основания конуса имеется ручка. Общий вес балансирного конуса точно равен 76 г.

Для прибора имеется деревянная подставка, в которую устанавливают металлический стаканчик, диаметр внутренней части которого равен 4 см и высота — 2 см.

Х о д о п р е д е л е н и я. Подготовленная обычным способом почва (как это было указано выше при описании методики определения нижней границы текучести по Аттербергу) замешивается с водой в фарфоровой чашке диаметром 12 см до состояния густой почвенной массы и выдерживается над водой в закрытом эксикаторе в течение одних суток. Эту массу перемешивают и плотно, легким постукиванием о край стола, наподняют в стаканчик так, чтобы не было заземленного воздуха. Поверхность почвенной массы сглаживают шпателем на уровне с краями стаканчика. Затем стаканчик устанавливают в деревянную подставку, а к поверхности почвы подносят острие конуса, предварительно смазанного вазелином и тут же отпускают пальцы от ручки конуса. Конус под собственным весом погружается в почвенную массу.

Если конус погрузился в почвенную массу меньше чем на 10 мм, это показывает, что влажность почвенной массы не достигла искомой границы текучести, тогда добавляют немного воды, почвенную массу тщательно перемешивают и снова испытывают конусом. В том случае, когда острие конуса достигает черты (риски),

обозначенной на нем, это указывает, что искомая — нижняя граница текучести достигнута, после чего берут небольшие пробы в сушильные стаканчики для определения влажности.

Полученная влажность почвы, выраженная в % к весу сухой навески и является нижним пределом границы текучести или верхним пределом пластичности данной почвы. Повторность определения трехкратная. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 2 %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ЛИПКОСТИ (КЛЕЙКОСТИ)

Оставшаяся в чашке после определения нижней границы текучести почвенная масса смешивается с некоторым количеством сухой почвы до тех пор, пока никелевый шпатель, прикасающийся к верхней поверхности почвенной массы будет легко освобождаться от приставших к нему частичек почвы.

Затем из почвенной массы берут небольшие пробы и определяют в ней содержание воды, которое и характеризует границу липкости.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЖНЕГО ПРЕДЕЛА ПЛАСТИЧНОСТИ ИЛИ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ РАСКАТЫВАНИЯ по Аттербергу

В оставшуюся часть почвенной массы после определения двух первых границ добавляют немного воздушно-сухой почвы из того же анализируемого образца и хорошо перемешивают металлическим шпателем. Затем из этой почвенной массы берут кусочек сырой почвы и ладонью руки раскатывают в шнур, величиной в 3 мм, на листе плотной глянцевой бумаги или стекле. При этом раскатывание следует проводить слегка нажимая на шнур, не допуская простого катания его на бумаге.

Раскатывание продолжают до тех пор, пока почва не дойдет до нижнего предела пластичности или не потеряет свойства раскатывания в шнур.

Как только шнур при раскатывании начнет распадаться на отдельные кусочки, величиной в 0,5–1 см, нужно считать, что нижний предел пластичности достигнут. В этом случае раскрошенную почву помещают в два сушильных стаканчика и определяют влажность. Полученная влажность (в % к весу сухой навески) и выражает нижний предел пластичности или границу раскатывания почвы.

Повторность определения дву-трехкратная.

Влажность границы раскатывания очень близка к влажности агрегации Вилевского и, следовательно, может характеризовать физическую спелость почвы.

Нужно иметь в виду, что если влажность агрегации карбонатных почв всегда неинного выше, то влажность предела раскатывания часто бывает ниже их физической спелости. Тем не менее обе величины очень характерны для различных почв и различных фонов одной и той же почвы. Определение этих величин можно рекомендовать при территориальных почвенных исследованиях и агротехнических опытах.

Т а б л и ц а 9

Пределы пластичности, % к весу сухой почвы

Почвы и пункт	Глубина, см	Верхний предел пластичности	Нижний предел пластичности	Граница липкости
Типичный серозем, тяжелосуглинистый Аккавак	0-20	29	18	25
Светлый серозем, среднесуглинистый, слабозасоленный				
Голодная степь	0-20	26	19	24
Лугово-тамырская, легкосуглинистая, слабозасоленная				
Баракалпакская АССР	0-15	23	17	19
Тапырская, среднесуглинистая, слабозасоленная. Дельта р. Мургаб	0-20	21	15	18
Луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная. Дельта р. Мургаб	0-27	25	18	22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРОШЕНИЯ ПОЧВЫ В СПЕЛОМ СОСТОЯНИИ

Как уже отмечалось, почва в спелом состоянии обладает наилучшими свойствами для обработки. Основным свойством, по которому оценивается эффективность обработки, является крошение.

В свою очередь, крошение оценивается, главным образом, по процентному соотношению образующихся агрегатов (комочков). Чем больше образуется агрономически ценных агрегатов, тем, следовательно, лучше крошится почва.

Почвы, разные по происхождению и культурному состоянию, крошатся по-разному. Лучше всего крошатся почвы высококультурные и заправленные органическими удобрениями.

По степени крошения почвы можно установить ее свойство и агротехническую ценность.

Техника определения. Для определения крошения почвы выбирается ровная площадка размером 2х2 м, очищается от растительности и затем поливается водой из садовой лейки. Поливать нужно столько, чтобы промочить почву до 30-40 см, после чего поверхность почвы слегка прикрывается соломой или сухой травой и оставляется на несколько дней для подсыхания.

При наступлении спелого состояния почва вскапывается лопатой на 18-20 см; часть ее той же лопатой переносится на брезент и просеивается через набор сит с диаметром отверстий 0,25; 1; 3; 5; 10; 30 и 50 мм. При вскапывании почву рекомендуется обрасывать с некоторой силой.

Процентное соотношение полученных фракций показывает степень крошения данной почвы.

Определение (просеивание) проводится в трехкратной повторности. Понятно, что для определения процентного соотношения фракций нужно знать общий вес почвы, взятой для рассеивания, а это, в свою очередь, определяется размером сит. Сита можно употреблять разные, но лучше 30х30х20 см. Такое сито заполняется полностью. Рассеивание начинается с наиболее крупного сита. Все, что остается на ситах, сразу же взвешивается.

Процентное содержание фракции определяется по той же формуле, указанной выше при определении влажности агрегации почвы по Вилевскому.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ по методу И.Ф.Голубева

Твердостью почвы называется ее способность противостоять проникновению в нее под давлением какого-либо тела (плунжера) той или иной формы (конус, шар, цилиндр и т.п.). Измеряется она в килограммах на 1 см^2 поперечного сечения плунжера.

Твердость почвы изменяется в зависимости от механического состава, влажности, структурного состояния и др., а также от способа и технологии вспашки.

Для определения твердости почвы в полевых условиях и на монолитах можно использовать ручной твердомер И.Ф.Голубева (рис.14). Он легок, портативен (вес меньше 1 кг), с его помощью представляется возможным непосредственно в поле получить показания твердости почвы, выраженной в кг/см^2 .

Прибор состоит из двух взаимозаменяемых рабочих частей: клина длиной 5 см , на котором нанесены деления в 1 см , поперечное сечение его на высоте 5 см параллелограмм площадью 1 см^2 ($0,72 \times 1,4$) и конуса длиной 10 см с десятью делениями через 1 см и площадью сечения конуса у основания 2 см^2 .

Сигнальный указатель представляет собойдвигающийся до опыта и выскакивающий после опыта штифт, вставленный в оправу.

На штоке твердомера, внутри полой трубки насажены три пружины: первая – слабая, вторая – более упругая и третья – самая жесткая. Это позволяет измерять от слабого до сильного сопротивление почв, сохраняя во всех случаях достаточную точность.

Шкала прибора показывает сопротивление от 0 до 30 кг/см^2 (килограмм на квадратный сантиметр площади сечения клина или конуса).

Техника определения. Устанавливают нужный плунжер с соответствующим сигнальным указателем.

Движок шкалы сдвигают так, чтобы нанесенная на нем черта совпала с нулем шкалы. Движок должен двигаться по шкале легко, но с некоторым усилием, так чтобы после окончания замера он не мог производно опускаться ниже по шкале. Затем устанавливают плотномер перпендикулярно к поверхности почвы (или почвенного профиля) и постепенно нажимают на рукоятку без толчков, последнее искажает показания плотномера. Отсчет сопротивления почвы проводят по совпадению черточки на движ-

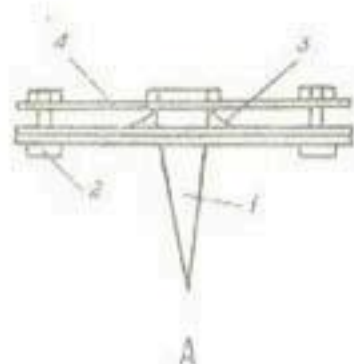
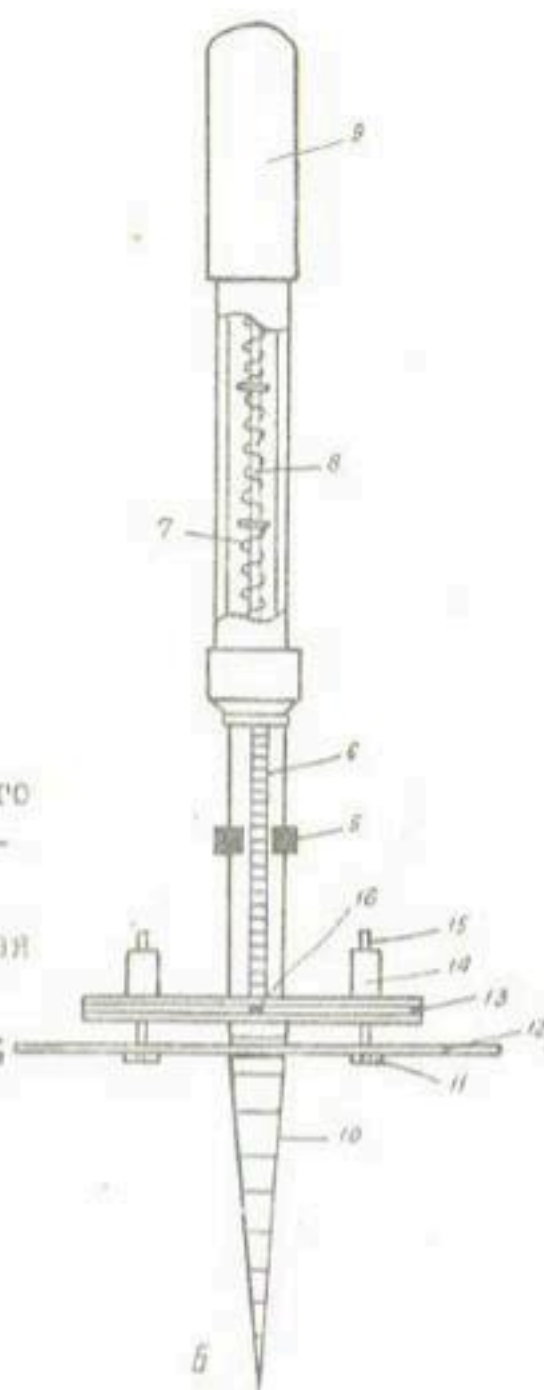


Рис. 14. Плотномер И.Ф.Голусова.

А- для работы на почвах с естественным сложением. Б- для пахотных почв.

1-плунжер-клин; 2-сигнальный указатель; 3-пружина сигнального указателя; 4-пластины сигнального указателя; 5-движок для отсчета; 6-шкала; 7-шток; 8-рабочая тарированная пружина; 9-ручка; 10-конический плунжер; 11-винт; 12-упорный диск; 13-пластины; 14-гильза; 15-шток; 16-штифт.



ке с делением шкалы. Так как площадь основания конуса равна 2 см^2 , то показания шкалы, полученные при работе конусом, следует разделить на 2.

Для определения твердости в пахотном слое применяется сигнальный указатель с упорным диском. Как только конус плотномера заглубится до 10 см, выдвинутый до опыта штифт - указатель с щелканьем выскакивает. Это значит, что определение закончено. При работе клином (в более плотных, подпахотных горизонтах почвы) применяется другой указатель. Он состоит из двух пластинок, разъединенных маленькой пружиной. Заглубление клина до 5 см показывают соединившиеся пластиночки.

Если плотномер не углубляется на 5 см (10 см) из-за высокой плотности почвы, измеряют глубину погружения клина (конуса) и по формуле высчитывают твердость почвы на всю длину плунжера.

$$P_5 = P_1 + \frac{P_1 - P_2}{p_1 - p_2} \cdot (5 - p_1),$$

где: P_5 - сопротивление при погружении на 5 см (в кг);
 P_1 и P_2 - сопротивление при различной глубине погружения (в кг);
 p_1 и p_2 - соответствующие глубины погружения (в см).

Например: если при углублении конуса на 3 см (p_1) сопротивление равно 28 кг (P_1) и при 2 см (p_2) - 14 кг (P_2), тогда при глубине 5 см сопротивление будет равно: $P_5 = 28 + \frac{28-14}{3-2} \cdot (5-3) = 56 \text{ кг/см}^2$. Повторность определений десятикратная.

Сопротивление большинства почвенных горизонтов в течение вегетации варьирует от 10 до 40 кг/см^2 . В отдельных случаях оно может быть и 1 и 100 кг/см^2 .

Изучение твердости почвы, при сопоставлении различных способов, глубин и технологии основной обработки почвы, следует вести с помощью профиля твердости. Для этого на стенке почвенной прикопки, открытой на 10 см ниже глубины вспашки, и на 5 см шире захвата плуга, влево и вправо, с помощью линейки и почвенного ножа наносят вертикальные и горизонтальные линии через каждые 5 см (табл. 10). В очерченных клетках (по центру) определяют снизу вверх твердость, используя в качестве плунжера конус высотой 10 см, с соответствующим сигнальным

указателем. В качестве примера приводим профиль твердости.

Профиль твердости орошаемого типичного серозема
(вспашка на 30 см, весна)

Т а б л и ц а 10

Глубина, см	Ш и р и н а, см						Сумма показа- ний	Среднее из 6 показа- ний
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30		
0-5	3,00	4,00	4,4	1,50	1,50	2,10	16,50	2,75
5-10	5,25	7,00	3,75	1,75	1,75	2,25	21,75	3,62
10-15	4,25	4,50	1,70	2,50	2,50	2,50	17,95	3,00
15-20	2,25	2,25	3,00	1,90	3,00	4,25	16,65	2,78
20-25	5,25	3,00	4,25	4,25	4,40	2,90	24,05	4,01
25-30	2,25	6,50	6,25	9,00	8,00	6,25	38,25	6,37
30-35	10,75	12,75	13,00	14,00	12,00	6,75	69,25	11,50
35-40	8,75	15,00	15,00	12,00	12,00	12,00	74,75	12,40
40-45	15,00	14,75	15,00	15,00	15,00	14,00	88,75	14,80
45-50	11,00	12,00	13,00	13,50	13,00	13,25	75,75	13,00

Как показали наши исследования, полученный профиль твердости позволяет глубже вскрыть характер того или иного вида вспашки. Однородность показаний по горизонтам говорит о хорошей разделке почвы, а изучение его в начале, середине и конце вегетации дает представление о динамике изменения сложения почвы при различных способах обработки. Повторность определений четырехкратная.

Наряду с твердомером И.Ф.Голубева применяют для быстрого контроля глубины вспашки ручной твердомер Ревякина. Рабочая глубина его 50 см. Вес прибора 5 кг. При вдавливании плунжера в почву пружина сжимается и через рычаг Уотта, на котором укреплен карандаш самописца, переносит показания на миллиметровую бумагу.

Используя тарировочные кривые, прилагаемые к каждому плотномеру, рассчитывают твердость в кг/см^2 . Повторность определений — пятикратная.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППОВОГО СОСТАВА КОЛЛОИДНО-ИЛИСТЫХ ЧАСТИЦ В КАРБОНАТНЫХ ПОЧВАХ

Почва в физическом отношении представляет собой полидисперсную систему, состоящую из элементарных частиц (фракций) различной величины — от крупного песка до коллоидов.

Для нас интерес представляет коллоидная и близкая к ней илистая части почвы, так как с ними теснейшим образом связаны все наиболее важные свойства почв. Именно эти части, главным образом, и обуславливают поглотительную способность почв, характер почвенного раствора, взаимодействие вносимых минеральных и органических удобрений и, наконец, основное свойство почв — плодородие.

Проф. А.Ф.Тюлин и его сотрудники показали, что в почвах можно различать две группы коллоидно-илистых частиц: первую и вторую. Для выделения этих групп ими был предложен метод дробной пептизации почв.

На основании своих экспериментальных данных А.Ф.Тюлин установил, что в почвах более влажных местообитаний типа луговых, условия более благоприятны для образования второй группы, а почвы сухих условий формирования более благоприятны для образования первой группы.

Исследования, проведенные СоюзНИХИ с карбонатными почвами, также показали неоднородность коллоидно-илистых частиц в сероземах и луговых почвах. Но, в отличие от почв, исследованных А.Ф.Тюлиным, в почвах сероземного пояса и пустынной зоны, наряду с этими группами коллоидно-илистых частиц, установлена так называемая "нулевая" группа, которая выделяется дистиллированной водой перед выделением первой группы. (П.Н.Беседин, 1954). Таким образом, в карбонатных почвах последовательно выделяются три группы коллоидно-илистых частиц:

- а) несвернутые или неагрегированные, диспергируемые дистиллированной водой и называемые нулевой группой;
- б) обратимосвернутые, среднесвязанные диспергируемые раствором NaCl и называемые первой группой;
- в) обратимосвернутые, наиболее прочносвязанные, диспергируемые NaOH с предварительной обработкой HCl и называемые второй группой.

Для общего представления о групповом составе коллоидно-илистых частиц некоторых почв сероземной зоны приводим табл.9.

По сравнению с ранее опубликованными материалами, в табл.9 приведен более обширный материал, характеризующий почвы сероземного типа с подтипами светлых, типичных и темных. Для сопоставления в поясе светлых и типичных сероземов взяты контактирующие с ними гидроморфные почвы. Кроме того приводятся почвы пустынной зоны.

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что в процессе формирования почв сероземного типа и контактирующих с ними гидроморфных почв, а также в почвах пустынной зоны, создаются условия для образования коллоидно-илистых частиц нулевой группы или иначе говоря, частиц, не имеющих между собой прочной связи. Наличие нулевой группы для этих почв является как бы зональным признаком почв сероземного пояса и пустынной зоны.

В черноземных и подзолистых почвах эта группа отсутствует.

Т а б л и ц а II

Групповой состав коллоидно-илистых фракций

Название почв и их местоположение	Горизонт, см	Группы, %			Сумма	% от суммы		
		0	I	II		0	I	II
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Разрез I. Серозем светлый (богара), Андижанский район	0-13	11,4	1,4	1,6	14,4	79	10	11
	13-23	8,8	2,5	2,7	14,0	63	17	20
	23-38	3,1	7,4	2,0	12,5	24	59	17
	90-100	1,7	7,3	2,4	11,4	15	64	21
Разрез 5. Серозем светлый давнего орошения, Андижанский район	0-20	10,0	2,2	1,6	13,8	72	16	12
	21-35	10,6	2,7	2,6	15,9	67	17	16
	38-48	1,6	10,0	2,5	14,1	11	71	18
	110-120	0,6	11,0	2,7	14,3	4	77	19
Разрез 4. Луговая давнего орошения, Ленинский район	0-16	8,2	5,7	4,1	18,0	46	31	23
	16-30	9,2	7,6	5,4	22,2	41	34	25
	36-46	1,4	8,3	12,4	22,1	6	38	56
	75-85	0,9	8,0	19,0	27,9	3	29	68
Разрез 9 ^x) Серозем типичный (богара), Янгйульский район	0-21	9,6	1,8	3,0	14,4	67	12	21
	21-33	7,5	2,0	5,0	14,5	52	14	34
	33-40	5,9	1,3	6,1	13,1	44	10	46

x) Данные Гаиповой А., остальные - автора.

	I	II	2	III	3	IV	4	V	5	VI	6	7	8	9																	
Разрез 7 ^х). Серозем типичный давнего орошения, Янгйюль- ский район	0-27	27-38	40-50	5,8	8,1	8,3	2,4	5,0	1,8	7,1	6,9	15,3	20,0	16,9	38	41	49	16	25	11	46	34	40								
Разрез 6 ^х). Лугово- болотная давнего орошения, Янгйюль- ский район	0-25	26-36	36-60	90-100	4,0	3,0	7,9	2,3	10,1	11,5	16,4	1,6	18,0	17,9	12,2	26,3	32,1	32,4	36,5	30,2	12	9	22	8	32	36	5	56	55	33	87
Разрез 3. Серозем темный старого оро- шения, Чимкентский район Южно-Казахста- нской области	0-24	24-40	40-60	60-80	4,2	2,9	2,4	1,9	5,9	8,0	6,4	4,5	6,1	5,2	4,3	3,3	16,2	16,1	13,1	9,7	26	18	18,1	20	36	50	49	38	32	33	34
Разрез 10. Такырный орошаемое хлопковое поле. Байрамали	0-20	25-40	90-100	12,0	11,1	9,4	0,3	0,3	2,5	3,1	9,5	8,3	15,4	20,9	20,2	78	53	47	2	1	20	46	41								
Разрез 2. Такырная, новоорошаемая. Тур- кульский район КК АССР	0,26	27-37	110-120	16,2	19,1	12,7	0,7	2,7	2,7	0,2	0,8	1,4	17,1	22,6	16,8	95	84	76	4	12	1	4	8								

Из этой таблицы видно, что нулевой группы больше всего в верхних горизонтах светлых, типичных сероземов и контактирующих со светлыми сероземами — луговых почвах и особенно ее много в почвах пустыни (такырных). В лугово-болотных и темных сероземах содержание нулевой группы незначительно.

В нижних горизонтах светлых сероземов и во всех горизонтах темных сероземов образуется, главным образом, первая группа коллоидно-илистых частиц.

В условиях избыточного увлажнения образуются коллоидно-илистые частицы второй группы.

Такырные почвы южной части пустыни (разрез 10, Байрамалийский район) отличаются от такырных почв северной части пустыни (разрез 2, Турткульский район КК АССР) большим содержанием II группы коллоидно-илистых частиц. На основании этого можно предположить, что почвы южной части пустыни более древние и в прошлом претерпевали длительное воздействие переувлажнения, в то время как почвы северной части пустыни сформированы на более молодых отложениях.

Очевидно, что для более глубокой увязки группового состава коллоидно-илистых частиц с генетическими особенностями почв необходимо проведение более глубоких и более широких исследований.

МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ КОЛЛОИДНО-ИЛИСТЫХ ЧАСТИЦ

($< 0,001$ мм)

В ы д е л е н и е н у л е в о й г р у п п ы. (по методу П.Н.Беседина, 1954). 1. Навеска воздушно-сухой почвы, растертая деревянным пестиком и просеянная через сито с отверстиями в 2 мм, помещается в бутылку и заливается дистиллированной водой при соотношении почвы к воде 1:50.

При определении величины навески и выборе емкости бутылей необходимо руководствоваться целью определения группового состава. Если определяется только количественный состав коллоидно-илистых частиц, то можно пользоваться 0,5-литровыми бутылками с широким горлом, употребляемыми для молочных продуктов.

Если же предполагается определить химический состав выделенных фракций, то объем бутылей и сама навеска почвы должна быть соответственно увеличены (3,5, 7-литровые бутылки высотой в 23-24 см).

2. Бутылки закрываются пробками и осторожно четыре раза переворачиваются на 180° . При образовании на дне бутылей уплотненного осадка почвы, перед взбалтыванием его необходимо в перевернутой вверх дном бутылки осторожно смыть водой. После взбалтывания, так же, как и при механическом анализе, бутылки оставляются в покое и для защиты от солнечных лучей закрываются светонепроницаемыми колпаками.

3. Время сливания взмученных суспензий определяется температурными условиями, для чего надо пользоваться температурной шкалой, применяемой при механическом анализе. Так, например, при температуре в 15° сливание на глубину 14,8 см производится через двое суток, на глубину 22,2 см — через трое суток.

При сливании пользуются сифонами с загнутым концом. Заливание бутылей водой и сливание суспензии повторяют до полного просветления всего сливаемого слоя.

III

4. Сливание суспензии производят в цилиндры или банки, а затем коагулируют 5м. раствором CaCl_2 . При этом следует избегать излишних порций коагулятора CaCl_2 , так как в последующем удлиняется время диализа. Для этого практическим путем отыскивают порог коагуляции. Ориентировочно можно на 7-10 л суспензии прибавлять 10-20 мл раствора CaCl_2 .

После каждого сливания светлой жидкости осадок из приемного цилиндра или банки собирают в приемный стакан. Накопленный скоагулированный осадок помещают в пергаментный или целофановый мешочек и подвергают диализу до полного удаления хлор-иона^{х)}.

Отдиализованный осадок переносится в фарфоровые чашки, высушивается сначала на водяной бане, а затем в термостате при $40-45^\circ$ и взвешивается.

В ы д е л е н и е п е р в о й г р у п п ы .

1. Остаток той же почвы после выделения нулевой группы три раза заливается насыщенным раствором NaCl (можно пользоваться поваренной солью). После каждого сливания содержимое бутылей с той же осторожностью взбалтывается четыре раза; жидкость после просветления сифоном сливается в раковину.

2. После трехразовой обработки почвы хлористым натрием, бутылки заливаются дистиллированной водой, и дальнейшие сливания проводят так же, как и при выделении нулевой группы.

3. Сливаемые суспензии так же коагулируются раствором CaCl_2 , диализуются, высушиваются и взвешиваются.

В ы д е л е н и е в т о р о й г р у п п ы . 1. Для разрушения тех прочных связей, которыми закреплены коллоидно-илистые частицы этой группы за счет карбонатов Ca и Mg , P_2O_3 и органических веществ, остатки почв после первой группы в тех же бутылках заливаются раствором 0,05н. HCl и так же, как в предыдущих случаях, взбалтываются четыре раза. После каждой обработки навески раствором HCl просветлевшую жидкость сливают и делают качественную реакцию роданистым аммонием на присутствие в слитом растворе железа. Обработку остатков почв раствором HCl прекращают после появления в растворе следов железа.

х) В.У.Пчелкин рекомендует при определении количественного состава коллоидно-илистых частиц в целях ускорения отмывку хлор-иона проводить на бумажных фильтрах.

2. Подготовленные таким образом остатки (после обработки HCl) заливаются раствором 0,01 н. NaOH . Все последующие сливания выполняются так же, как и в предыдущих случаях с той лишь разницей, что вместо воды употребляется 0,01 н. раствор NaOH .

Все дальнейшие операции подобны тем, которые применялись при выделении нулевой и первой групп, с той лишь разницей, что перед диализом скоагулированная II группа в приемном стакане обрабатывается 0,05 н. HCl (для удаления образовавшегося при взаимодействии NaOH и CaCl_2 осадка гидроокиси кальция). Обработку HCl прекращают до появления реакции (родезистым аммонием) на железо.

Полученные таким образом коллоидно-илистые частицы (после высушивания и взвешивания) рассчитываются в процентах к весу сухой навески почвы, взятой для отмучивания. После этого отдельные группы коллоидно-илистых частиц могут поступать в анализ.

II. К МЕТОДИКЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИБОРОМ НИВ-2 (НЕЙТРОННЫЙ ИНДИКАТОР ВЛАЖНОСТИ)

Прибор позволяет измерять влажность почвы в стационарных условиях на одной точке в течение продолжительного времени. Влажность измеряется по скважинам диаметром 50 мм без выборки проб с получением результатов на месте.

Метод основан на взаимодействии быстрых нейтронов с ядрами водорода окружающей среды. При этом в основу нейтронного метода положены две основные предпосылки: 1. Ядра водорода являются самым сильным замедлителем быстрых нейтронов. 2. На объектах, для которых применен нейтронный метод, большая часть водорода приходится на влагу. Подробное описание и физические основы метода приводятся в работе В.А.Емельянова (1962).

Краткое описание прибора

НИВ-2 конструктивно выполнен из следующих блоков: 1-датчика импульсов; 2-держателя нейтронного источника; 3-контрольно-калибровочной установки; 4-пересчетного устройства. Блок-схема и принципиальная схема прибора представлены на рис. 1 и 2.

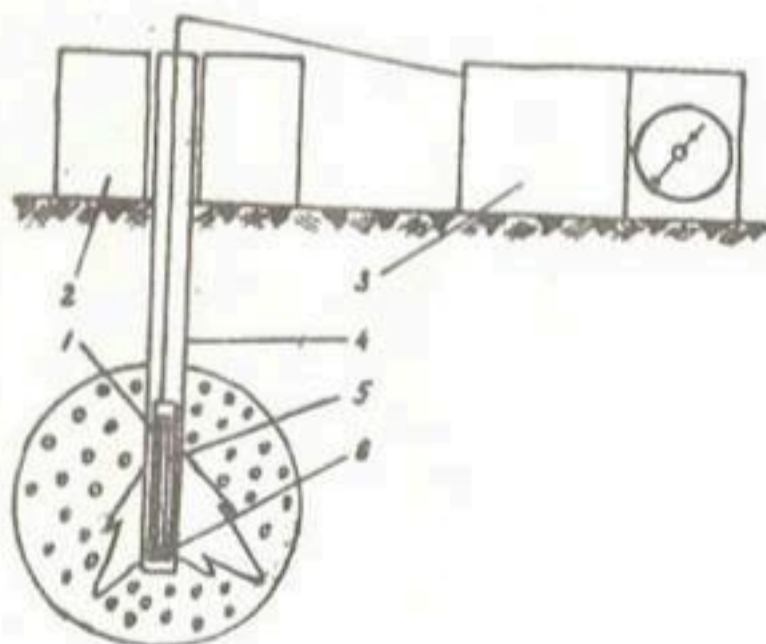


Рис. 1. Блок-схема прибора НИВ-2

1-датчик импульсов с соединительным кабелем; 2-контрольно-калибровочное устройство; 3-пересчетное устройство типа М-30 с источником питания; 4-обсадная труба из дюралюминия; 5-держатель нейтронного источника; 6-источник нейтронов.

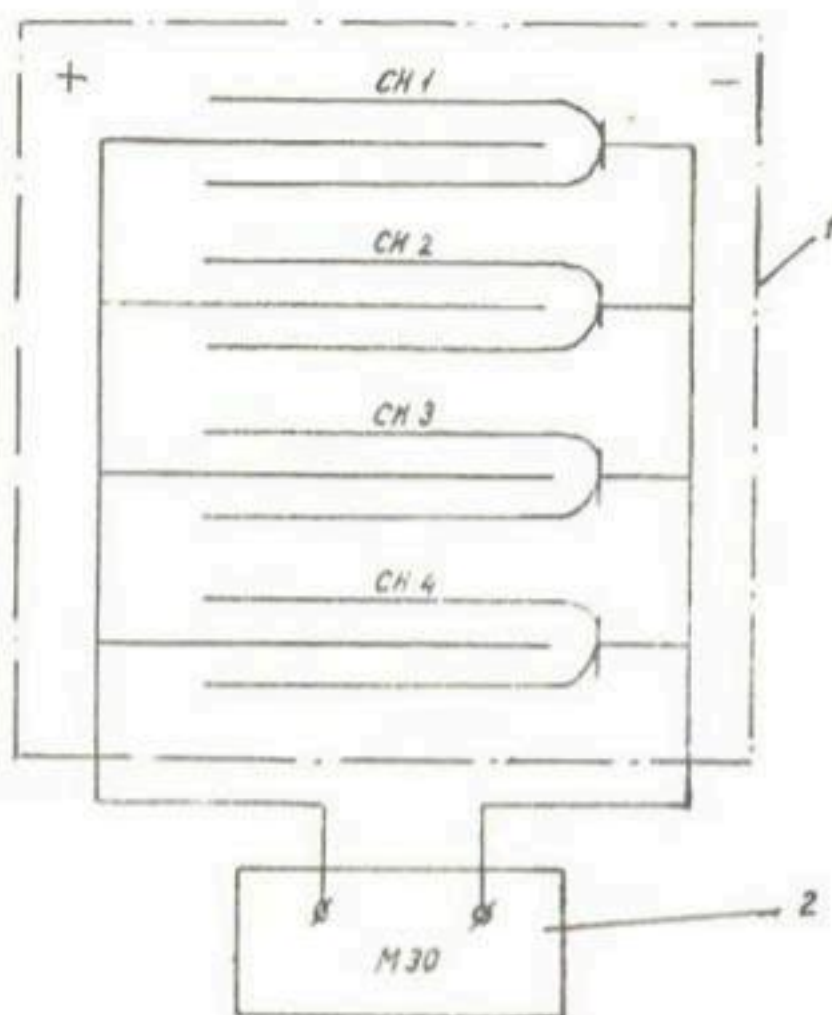


Рис.2.Схема прибора НИВ-2

СИ-1-газоразрядный счетчик импульсов типа СТС-5 - 4 шт.
1-датчик импульсов; 2- пересчетное устройство.

Порядок измерения влажности прибором НИВ-2

На исследуемой почве пробурить скважину буром диаметром 50 мм до той глубины, до которой следует изучить влажность этой почвы. На эту скважину установить обсадную трубу. При этом следует учесть, что обсадная труба в скважину должна входить плотно, не оставляя пространства между наружной стенкой трубы и стенкой скважины.

Определить скорость счета в контрольно-калибровочном устройстве (ККУ).

Опустить зонд на заданную глубину, предварительно ослабив цапговый зажим, фиксирующий держатель нейтронного источника, ориентируясь на маркированные деления на кабеле и принимая во внимание высоту верха контрольно-калибровочного устройства

над землей, закрепить кабель зажимом. Длина кабеля нейтронного индикатора позволяет проводить измерения до глубины 20 м.

Определить скорость счета N_{gr} на заданной глубине за тот же промежуток времени, что и в ККУ.

Подсчитать отношение $\frac{N_{gr}}{N_{ККУ}}$ и по градуировочному графику (рис.3) определить объемную влажность грунта на заданной глубине. Такой график индивидуальен для каждого прибора прилагается в техническом описании и инструкции к эксплуатации, который входит в комплект прибора.

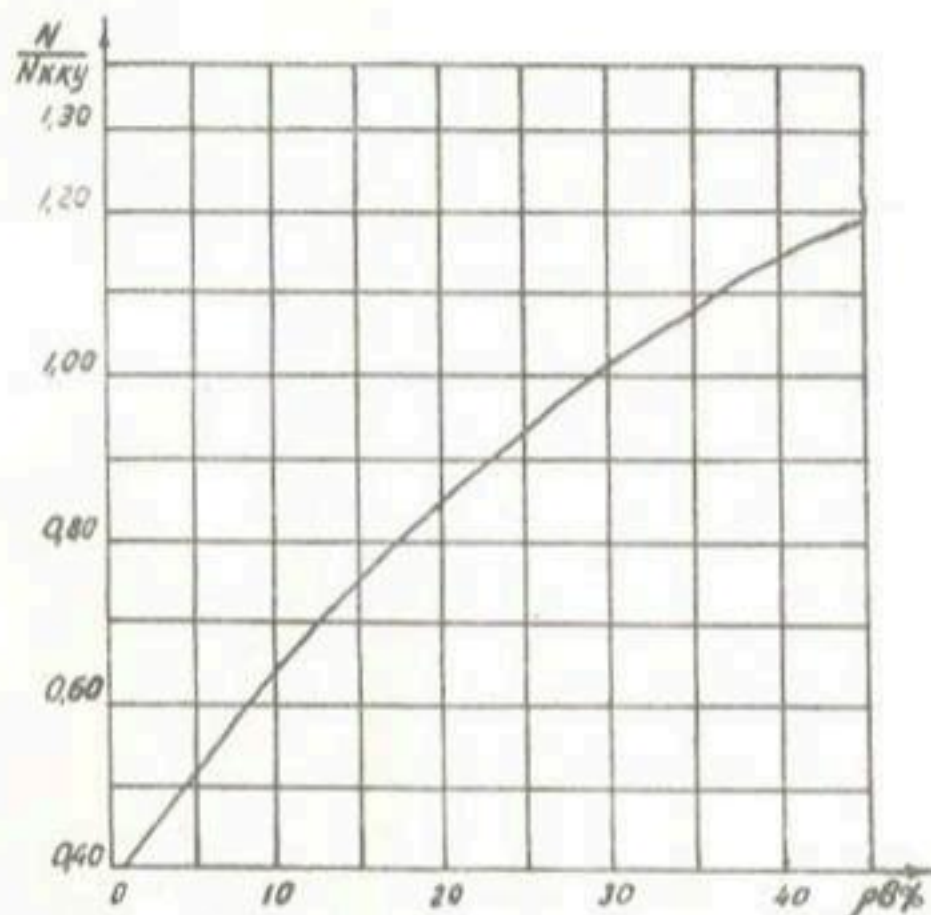


Рис.3. Градуировочный график.

По данным А.Е. Бабинца и С.Г. Звольского (1961), Л.И. Бескина (1965), В.А. Емельянова (1962), Л.Н. Побережского (1966), Дж. Спинекса (1958), Х.А. Ярлева (1962) и др. ошибки нейтронного метода по сравнению с термостатно-весовым не выходят за пределы 2 %.

12. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

В сети гидрометслужбы для измерения температуры почвы пользуются жидкостными термометрами. Правила пользования этими термометрами и их недостатки изложены в работах В.Н.Кедринского (1953), М.С.Пенкевич (1930), О.Д.Рожанской (1952) и др.

В последние годы широко применяются электрические, металлические и полупроводниковые термометры сопротивления. Последние более чувствительные, чем металлические, и поэтому их применение целесообразно для точных измерений.

Различные конструкции полупроводниковых термометров сопротивления разработаны Агрофизическим научно-исследовательским институтом. Остановимся на некоторых из них:

1. Пахотный термометр АФИ предназначен для измерения температуры в пахотном слое почвы. Диапазон измерений — от -10 до $+40^{\circ}\text{C}$, точностью до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, глубина замеров до 35 см. Это чрезвычайно портативный, удобный и точный прибор.

2. Электротермометры АФИ (ПТЭТ-62) — 10 — или 20 — точечные предназначены для дистанционного измерения температуры почвы в различных точках в пределах от -10 до $+60^{\circ}\text{C}$. Каждый датчик представляет собой полупроводниковое термосопротивление, смонтированное на конце резиновой трубки. Измерительная часть построена по схеме неравновесного моста, позволяющего быстро и точно отсчитывать показания микроамперметра, шкала которого нанесена непосредственно в градусах. Датчики электротермометра устанавливаются в глубокие слои почвы в следующем порядке:

Закладывается почвенный разрез, на передней стенке которого на необходимых глубинах устанавливается датчик электротермометра. Для этого отверткой длиной не менее 10 см или просто железной палочкой проделываются щели диаметром, соответствующей головки термосопротивления. В эту щель вставляется и за-

крепляется датчик так, чтобы чувствительная часть его плотно упиралась к стенке разреза. Датчики на необходимых глубинах следует установить сверху вниз в один ряд с увеличением порядковых номеров их книзу. После этого разрез закапывается, тепсельные вилки с выступающими из почвы отрезками проводов собираются вместе и закрываются водонепроницаемым материалом. Измерительный агрегат устанавливается на жестком горизонтальном основании на расстоянии, равном длине проводов, и защищается от атмосферных осадков. В нужный срок наблюдатель замеряет температуру путем подключения проводов к измерительному агрегату, с соблюдением последовательности включений десятипозиционного переключения. Источником тока служит батарея от карманного фонаря.

3. Прибор для измерения температуры поверхности почвы ПТПП-2К или "термопаук" - АФИ. Его конструкция разработана М.А. Кагановым (1952). Прибор измеряет не одну точку, а непосредственно среднюю температуру из достаточно большого количества точек, чем исключается элемент случайности, связанный с пестротой условий на поверхности почвы. В результате измерения получаем температурную характеристику целой площади размером около 1 м^2 . Пределы измерения от -5 до $+60^\circ\text{C}$, погрешности не более 1%.

При помощи "термопаука" и десятиточечного электротермометра без особых затруднений и с довольно большой точностью можно получить температурную характеристику сельскохозяйственных полей. Оба эти прибора дистанционные, которые позволяют измерять температуру почвы без нарушения естественного состояния полей.

Для примера приводим рис. 4, где дается изменение среднесуточной температуры почвы на различных глубинах за вегетационный период хлопчатника.

13. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

При изучении процесса теплообмена в почве необходимо знать величины основных теплофизических характеристик - теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности и теплоусвояемости.

Удельная теплоемкость почвы (c) численно равна коли-

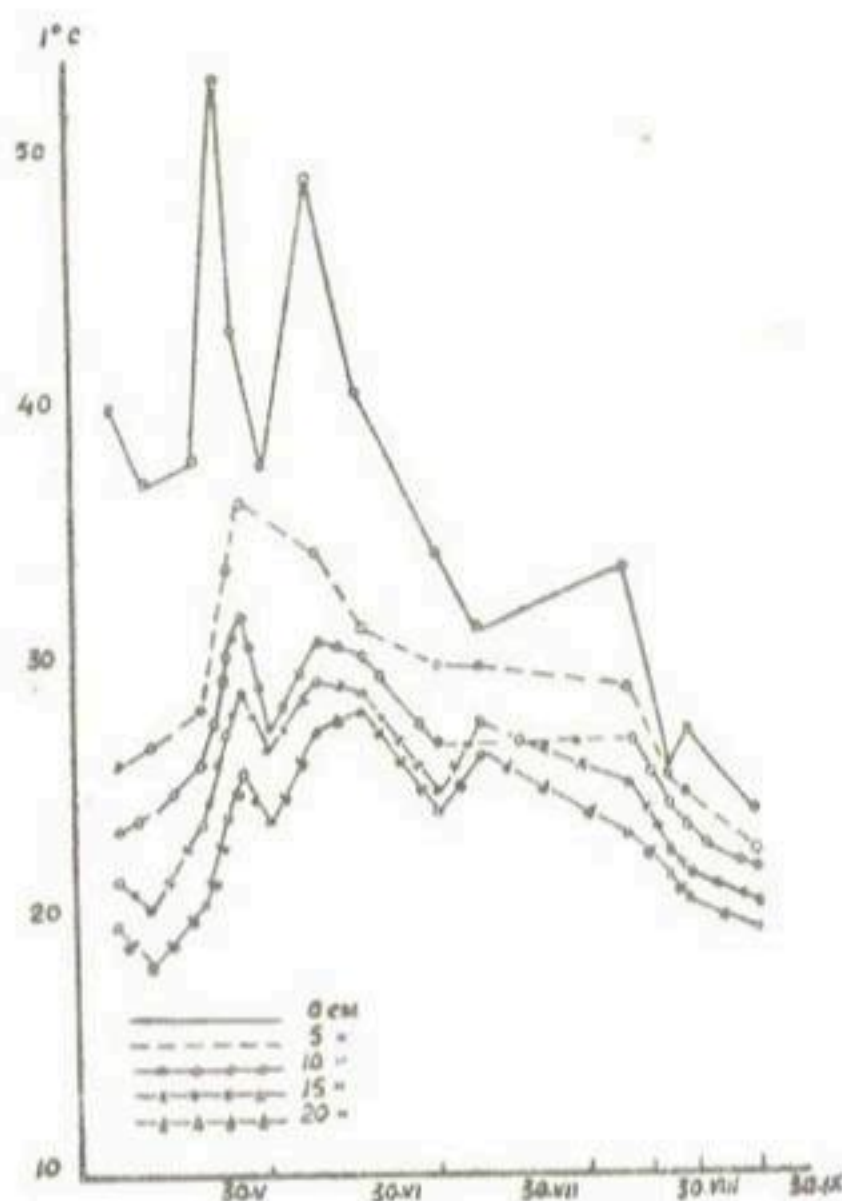


Рис. 4. Изменение среднесуточной температуры почвы на различных глубинах в течение вегетационного периода хлопчатника, 1963 г.

честву тепла, необходимого для нагревания или охлаждения 1 г почвы на 1°C . Чтобы нагреть или охладить единицу объема почвы на один градус необходимо затратить количество тепла, равное объемной теплоемкости ($c\rho = C$).

Теплопроводностью почвы называется ее способность проводить тепло. Коэффициент теплопроводности (λ) почвы численно равен количеству тепла, проходящему за единицу времени при стационарном состоянии потока тепла через две противоположные грани единицы объема при разности температур в 1°C . Он характеризует степень проводимости тепла почвой.

Быстроту выравнивания температуры в почве определяет коэффициент температуропроводности (а). Он характеризует процесс установления градиента температуры в направлении теплового потока. Степень аккумуляции тепла почвой характеризует коэффициент теплоусвояемости (в).

Теплофизические характеристики взаимосвязаны следующими математическими зависимостями:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} ; \quad (1) \quad v = \sqrt{\lambda c \rho} , \quad (2)$$

где: c — удельная теплоемкость, кал/г.град.;

ρ — плотность, объемный вес, г/см³;

a — коэффициент температуропроводности, см²/сек;

λ — коэффициент теплопроводности, кал/см.сек.град.;

v — коэффициент теплоусвояемости, кал/см².сек^{1/2} град.

1. Определение удельной теплоемкости (с)

При различных расчетах можно пользоваться величиной удельной теплоемкости почвы, равной 0,2 кал/г.град./Но во избежание ошибок при балансовых расчетах в теплофизических и сельскохозяйственных целях величину (с) следует определять экспериментально, так как в действительности ее величина изменяется в пределах от 0,16 до 0,25 кал/г.град. .

Наиболее проверенным и надежным для определения величины (с) любого вещества является калориметрический метод смещения, так как в нем исключается какое-либо искусственное поддержание температурного поля. Этот метод основан на том, что исследуемое вещество нагревают до определенной температуры и погружают в жидкость (обычно в воду) с более низкой температурой, количество которой известно. Метод довольно громоздкий. Полное его описание дано в работе В.Н.Димо (1966).

2. Вычисление запасов тепла в почве

Для вычисления запасов тепла в почве В.Н.Димо (1966) предлагает следующую формулу:

$$\sum_0^n Q_n = (C + \frac{w}{100}) \rho t h \quad (3)$$

В этом случае количество тепла с данного слоя почвы сечением в 1 см² равно сумме удельных теплоемкостей почвы (с)

и содержащейся в ней влаги (SW), помноженной на объемный вес (ρ), температуру (t) и высоту слоя (h). По этой формуле рассчитывают послойные запасы тепла в зоне суточного и годового теплооборота. Для этого необходимо располагать данными влажности и температуры почвы за достаточно большой отрезок времени.

Для мерзлых грунтов расчетная формула должна принять следующий вид:

$$\sum_0^n Q_n = \left[C + \frac{(W - V) \cdot 0,5}{100} + \frac{V \cdot I}{100} \right] \rho t h \quad (4)$$

где $\frac{V}{100}$ - содержание воды максимальной гигроскопичности; I - теплоемкость воды; $0,5$ - теплоемкость льда.

3. Методы определения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности

Наиболее точная формула для вычисления коэффициента температуропроводности является формула Г.Х.Цейтина (1953). Введение осредненных температур позволяет более точно охарактеризовать среднее значение коэффициента температуропроводности для данного слоя.

При вычислении расчетных формул основывались на уравнении теплопроводности

$$\frac{\partial T(z, t)}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T(z, t)}{\partial z^2} \quad (5)$$

где T - температура почвы; z - глубина от поверхности почвы или от другого слоя; t - время от момента первого наблюдения; K - средний коэффициент температуропроводности почвы в слое толщиной H за промежуток времени

В данном случае коэффициент температуропроводности почвы (K) вычисляется по формуле: $K = \frac{H^2}{2t} \cdot \frac{M(t)}{N(t)}$, (6)

$$\text{где: } M(t) = \int_0^H [A(\eta H, t) - T(\eta H, 0)] d\left[\frac{\eta}{2} \left(1 - \frac{2}{3}\right)\right] \quad (7)$$

$$N(t) = \int_0^H [T_c(\sigma t) - T(\sigma t)] d\left[\sigma \left(1 - \frac{\sigma}{2}\right)\right] \quad (8)$$

$$A(\eta H, t) = \int_0^H T(\eta H, \sigma t) d\sigma \quad (9)$$

$$T(\sigma t) = \int_0^H T(\eta H, \sigma t) d\eta \quad (10) \quad T_c(\sigma t) = \frac{T(0, t) + T(H, t)}{2} \quad (11)$$

Интегралы (7), (8), (9), (10) можно вычислить или графически (как площади подинтегральных кривых) или аналитически, применяя приближенные формулы. Остановимся на первой из них.

В данном случае приняты следующие обозначения:

H — мощность слоя равная 50 см; t — общее время равное 24 часам; Z — глубина, на которой измерялась температура почвы (0,5; 10; 15; 20; 30; 50 см), τ — часы суток, когда измерялась температура почвы (0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22 часа);

$T_c(t)$ — средняя температура измеренная на поверхности почвы $[T(0; \tau)]$ и на глубине 50 см $[T(H; \tau)]$ в различное время суток (τ); σ и η — безразмерные коэффициенты, которые являются соответственно функцией времени и слоя. Они вычисляются из следующих соотношений: $\sigma = \frac{\tau}{t}$; $\eta = \frac{Z}{H}$.

Для вычисления коэффициента температуропроводности (K) по этой методике необходимо измерять температуры почвы на различных глубинах в течение суток. А для получения коэффициента K — за вегетационный период, следует провести несколько серий круглосуточных измерений температуры почвы на различных глубинах.

Для вычисления $M_i(t)$ и $N_i(t)$ по формулам (7) и (8) необходимо строить график, где по одной оси откладывается одна из функций $\frac{\eta^2}{2} (1 - \frac{2}{3}\eta)$ и $\sigma (1 - \frac{\sigma}{2})$, а по другой — соответствующие значения подинтегральной функции; строится кривая и измеряется площадь подинтегральной кривой. Для облегчения построения графиков можно пользоваться таблицами соответствующих функций (табл. I и 2).

Т а б л и ц а I

Z	:	0	:	5	:	10	:	15	:	20	:	30	:	50
η	:	0	:	0,1	:	0,2	:	0,3	:	0,4	:	0,6	:	1,0
$\frac{\eta^2}{2} (1 - \frac{2}{3}\eta)$	:	0	:	0,004	:	0,0173	:	0,036	:	0,0586	:	0,108	:	0,166

Т а б л и ц а 2

τ	:	0	:	2	:	4	:	6	:	8	:	10	:	12	:	14	:	16
σ	:	0	:	0,083	:	0,167	:	0,250	:	0,332	:	0,417	:	0,500	:	0,585	:	0,665
$\sigma (1 - \frac{\sigma}{2})$	:	0	:	0,060	:	0,113	:	0,219	:	0,277	:	0,330	:	0,375	:	0,412	:	0,445

Для вычисления знаменателя $M, (t)$ по формуле (7) прежде всего надо найти величину $A (\eta H; t)$ по формуле (9), для чего строим график, откладывая по оси абсцисс величину σ

(табл.2), по оси ординат — температуры, соответствующие значению на глубине $Z = 0$. Площадь, ограниченную полученным графиком и отрезками осей (рис.5), численно равную $A(\eta H; t)$,

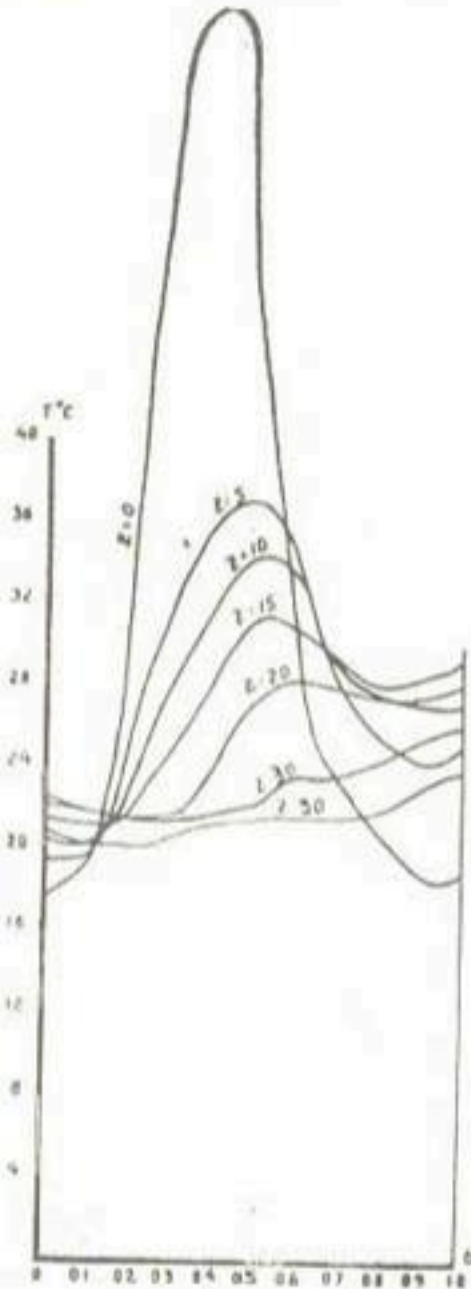


Рис.5 $A(\eta H; t) = \int_0^{\sigma} (\eta H; \sigma) d\sigma$

определяем планиметром. В данном случае измеренная площадь была равна $162,4 \text{ см}^2$. Следовательно, $A (\eta H; t)$, когда $Z = 0$ равна $32,8 \text{ см}^2/\text{град}$. Аналогично вычисляются все значения $A(\eta H; t)$, когда Z равна 5, 10, 15, 20, 30, 50 см. Для окончательного вычисления $M, (t)$ строим график зависимости величин $A(\eta H; t)$ и $T(\eta H; 0)$ — начальный момент времени $t = 0$, принятой в данном случае температуры почвы на различных глубинах, измеренной в 6 часов утра (рис.6).

Измеренная площадь равна $25,7 \text{ см}^2$, следовательно, $M, (t) = 0,515 \text{ см}^2/\text{град}$.

Чтобы определить знаменатель $N, (t)$ по формуле (8), вычисляем величину $T (\sigma t)$ по формуле (10). Для этого строим график, где по одной оси откладываем функцию η (табл.1), по другой — температуры, соответствующие $Z = 0$ при различных значениях Z (от 0 до 50 см) (рис.7).

Измеренная площадь, численно равная $T (\sigma t)$ при $Z = 0$, равна $100,5 \text{ см}^2$, следовательно $T (\sigma t) = 20,1 \text{ см}^2/\text{град}$. Таким же путем вычисляем величину $T (\sigma t)$,

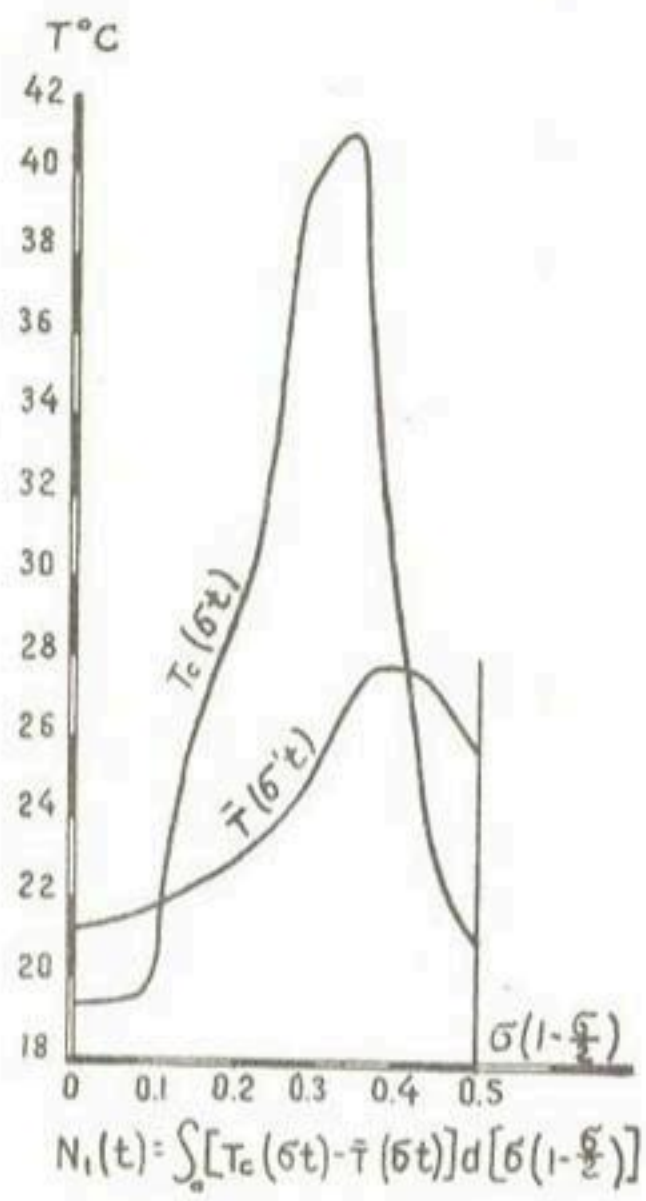


Рис.6.

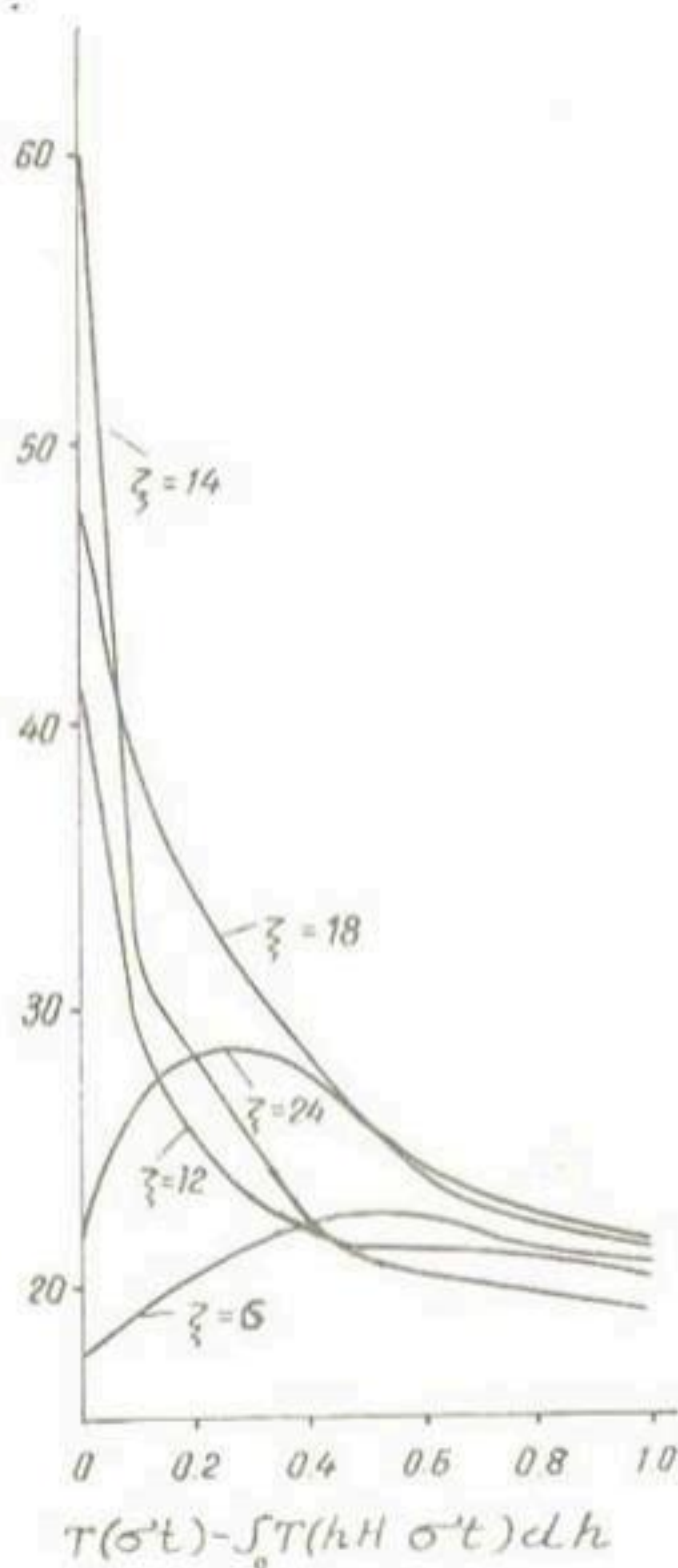


Рис. 7.

когда ζ получена в 2, 4, 6, 8, 10 и т.д. часов. Для окончательного вычисления $M_i(t)$ строим график зависимости $T(\sigma t)$ и $T_c(\sigma t)$ от функции $\sigma(1 - \frac{\zeta}{2})$

(табл. 2), как это показано на рис. 8. Измеренная площадь равна 11,0 см², следовательно, $M_i(t) = 2,202$ град/час. После этого по формуле (6) можно вычислить среднесуточный коэффициент теплопроводности для олоя

$$K = \frac{H^2}{2t} \cdot \frac{M_i(t)}{N_i(t)} = \frac{50 \cdot 50}{2 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot \frac{0,515}{0,202} = 3,36 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{сек.}$$

Результаты таких вычислений для хлопкового поля представлены на рис. 9.

Для экспериментального определения коэффициента теплопроводности в естественных условиях, с нарушенной и ненарушенной структурой, применяют метод шарового зонда М.А.Каганова, метод главной геодезической обсерватории и метод регулярного режима Г.М.Контратьева. Все эти методы более подробно описаны в работе В.Н.Димо (1966).

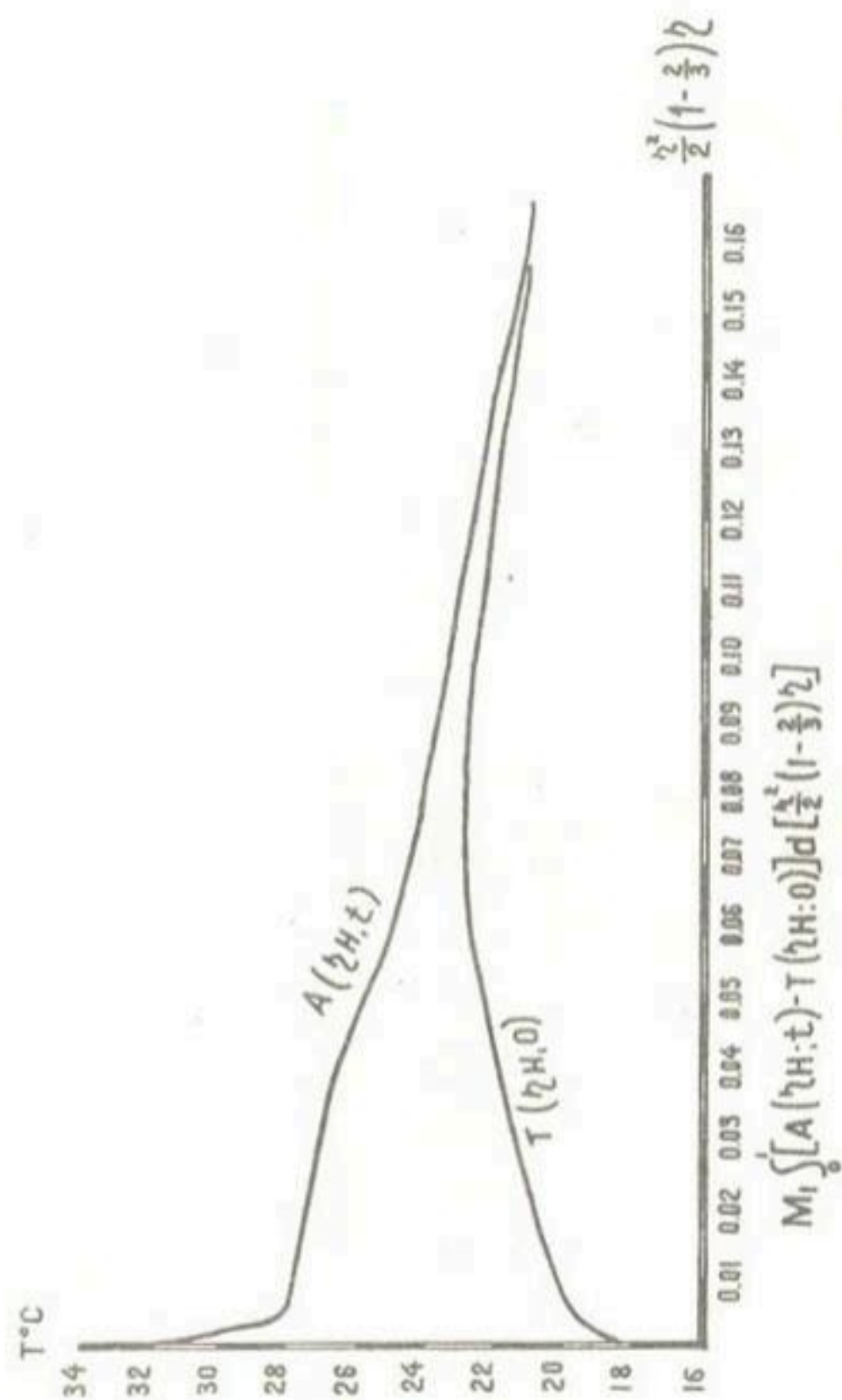


Рис. 8.

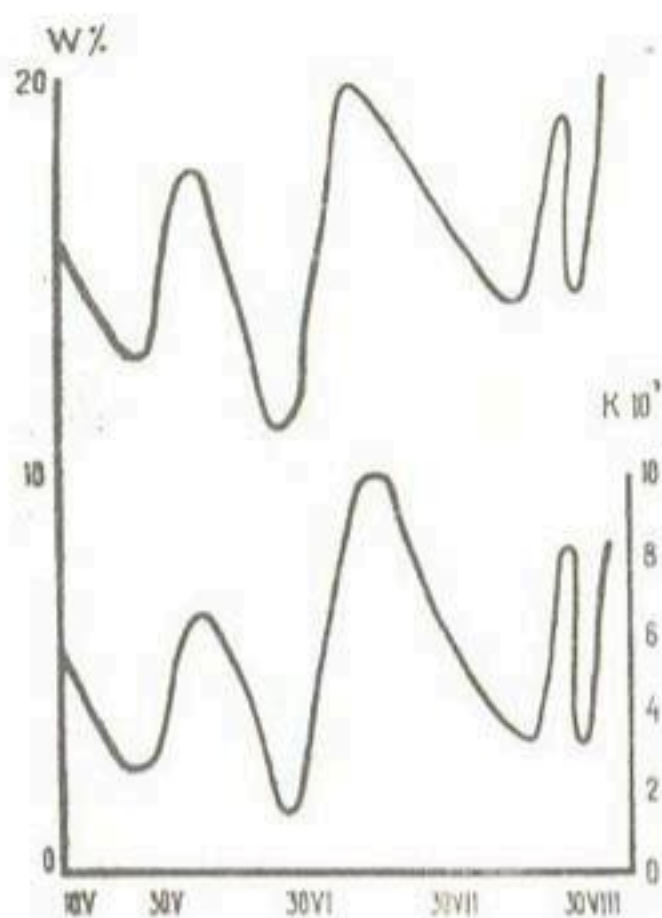


Рис.9.Изменение коэффициента температуропроводности почвы в зависимости от влагосодержания в слое 0-30 см.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А г р о ф и з и ч е с к и е методы исследования почв. Под редакцией Долгова С.И. М., Изд-во "Наука", 1966.
- А с т а п о в С.В. Мелиоративное почвоведение (практикум), М., Сельхозгиз, 1958.
- А с т а п о в С.В., Д о л г о в С.И. Методы изучения водно-физических свойств почв и грунтов. Почвенная съемка М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Б а б и н е ц А.Е., З в о л ь с к и й С.Г. Исследование плотности и влажности грунтов методами радиоактивных излучений. Киев, Изд-во АН УССР, 1961.
- Б е с е д и н П.Н. Состав и свойства коллоидно-илистых фракций и водопрочных агрегатов сероземов и луговых почв. Изд-во САГУ, Ташкент, 1954.
- Б е с к и н Л.И. Исследования нейтронного метода. определение влажности, почвогрунтов и стройматериалов. Автореферат канд. диссертации ВНИИГМ, М., 1965.
- Б р а т ч е в а М.И. Применение нового диспергатора-гексаметафосфата натрия при механическом анализе почв и грунтов. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1957.
- В а д ю н и н а А.Ф., К о р ч а г и н а З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., Госиздат "Высшая школа", 1961.
- В а с и л ь е в А.М. Исследование физических свойств почвы. Кишинев, Госиздат, 1952.
- В е л и н с к и й Д.Т. Агрегация почв, ее теория и практическое приложение., М., Изд-во АН СССР, 1945.
- Д и м о В.Н. Тепловой режим почвы. В кн. "Агрофизические методы исследования почв", глава пятая. М., Изд-во "Наука", 1966.
- Е м е л ь я н о в В.А. Гамма-лучи и нейтроны в почвенно-мелиоративных исследованиях. М., Госавтоиздат, 1962.
- Е м е л ь я н о в В.А., Б е с к и н Л.И. и З а й ц е в А.И. Методические указания по измерению влажности почвы в полевых условиях с помощью гамма-лучей и нейтронов. ВНИИГи М., 1961.
- И в а н о в П.В. Быстрый метод определения влажности почвы. "Почвоведение:", 1953, 3.

- К а ч и н с к и й Н.А. Механический и микроагрегатный составы почвы, методы его определения. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- К а ч и н с к и й Н.А. Физика почв, М., Изд-во "Высшая школа", 1965.
- К а г а н о в М.А. Прибор для измерения поверхности почвы. Ст. трудов по аграр. физике, вып. 5, М.-Л., Сельхозгиз, 1952.
- К о с и ц ы н В.Н. — Результаты испытаний нейтронного индикатора влажности в поле. Гипроводхоз, М., 1963.
- К е д р а л и в а н с к и й В.Н. Метеорологические приборы. М., -Л., Гидроиздат, 1953.
- М е т о д и ч е с к о е руководство по изучению почвенной структуры. Л., Изд-во "Колос", 1969.
- О с н о в ы агрофизики. Под редакцией акад. А.Ф. Иоффе и И.Б. Ревута, М., физматиздат, 1959.
- П а в л о в Г.И. Метод агрегатного анализа и агрегатный состав почвы. Материалы по опытно-оросительному делу. т. I, вып. 6. Ташкент, 1930.
- П е н к е в и ч М.С. Опыт определения температуры поверхности почвы с помощью безинерционных термоспаяев. "Изв. ГГО", 1930, № 2.
- П о б е р е ж с к и й Л.Н. Некоторые элементы водного баланса почв предгорной и низкогорной зон Узбекистана. Автореферат канд. диссер., Ташкент, 1966.
- Р е в у т И.Б. Физика в земледелии. М., Физматиздат, 1960.
- Р е в у т И.Б. Физика почв. Л., Изд-во "Колос", 1972.
- Р о ж а н с к а я О.Д. К вопросу о методах измерения температуры поверхности грунта — ст. трудов по агроном. физике, вып. 5, М.-Л., 1952.
- Р о д е А.А. Почвенная влага. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Р ы ж о в С.Н. К вопросу о подготовке карбонатных почв к механическому анализу. Бюллетень СоюзНИХИ, № 7, 1935.
- Р ы ж о в С.Н., З и м и н а Н.И. К методу определения влажности завядания растений. "Почвоведение", № 5, 1950.
- Р ы ж о в С.Н., З и м и н а Н.И. Определение физических свойств почв. В кн. "Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах". Ташкент, 1963.

- Р и ж о в С.Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1948.
- С а в в и н о в Н.И. Структура почвы и ее прочность на целине, переломе и пахотных участках. М., Сельхозгиз, 1931.
- С п и н к е с Д.Ж. Использование радиоактивных изотопов для изучения специальных проблем в сельском хозяйстве. Материалы международной конфер. по мирному использованию атомной энергии. т., 12, М., Сельхозгиз, 1958.
- Т у р а п о в И. Тепловые характеристики типичного серозема давнего орошения. В кн. "Изучение почв и использование их в сельском хозяйстве", Труды Института почвоведения, вып. 6, Ташкент, Изд-во "ФАН" УзССР, 1970.
- Ц е и т и н Г.Х. К вопросу об определении некоторых тепловых свойств почвы. Труды ГГО вып. 39, 1953.
- Ч у д н о в с к и й А.Ф., Ш л и м о в и ч Б.М. Полупроводниковые приборы в сельском хозяйстве. Л., Изд-во "Наука", 1970.
- Ш а п о в а л о в а О.В. Прибор для определения дифференциальной пористости почв и грунтов. Сборник работ по методике, исследований в области физики почв, Л., 1964.
- Я р л а в а Х.А. Оценка точности измерения влажности почвогрунтов нейтронным методом в полевых условиях. Изв. ТСХА, вып. 3, 1962.

СОДЕРЖАНИЕ

Определение физических свойств почв (С.Н.Рыжов и Н.И.Зими- на)	3
<u>1. Механический анализ почвы</u>	4
Применение щавелевокислого натрия для подготовки карбонатных почв к механическому анализу (по С.Н.Ры- жову)	5
Применение гексаметафосфата натрия при механическом анализе карбонатных и засоленных почв (по М.И.Брат- чевой)	14
Визуальное определение механического состава почвы в полевых условиях	18
<u>2. Агрегатный и микроагрегатный анализы почвы</u>	19
Определение водопрочности почв по методу Г.И.Пав- лова	21
Определение водопрочности макроструктуры почв по методу Н.И.Саввинова	24
Макроагрегатный анализ почв, методом качания по И.М.Бакшееву	29
Определение водоупорной прочности почвы по методу Фадеева-Вильямса	31
Определение водоупорной прочности агрегатов по методу Д.Г.Вилевского	33
Определение микроагрегатного анализа по методу Н.А.Качинского	34
<u>3. Дисперсность почвы</u>	37
<u>4. Удельный, объемный вес и скважность (порозность) почвы</u> .	38
Определение удельного веса твердой фазы почвы. . .	39
Определение удельного веса незасоленных почв. . .	40
Определение удельного веса засоленных почв . . .	42
Определение объемного веса почвы	43
Скважность (порозность) почвы	46
Определение дифференциальной порозности почвы (Л.Н.Слесарева)	47
Определение объемного веса почвы методом парафи- нирования	54

5. <u>Водные свойства почвы</u>	54
Определение гигроскопической влаги в почвах . . .	54
Определение максимальной гигроскопичности почв по методу Э.А.Митчерлиха	56
Определение максимальной гигроскопичности почв по методу А.В.Николаева	58
Определение влажности завядания растений по ме- тоду С.Н.Рыжова и Н.И.Зиминой	58
Определение влажности почвы методом высушивания.	61
Метод ускоренной сушки инфракрасными лучами. . .	65
Ускоренный метод определения влажности почвы сжатием спирта	66
Ускоренный полевой метод определения влажности почв по В.Е.Кабзеву	68
6. <u>Влагоемкость почвы</u>	70
Определение капиллярной влагоемкости почвы. . .	70
Определение полевой влагоемкости почвы	72
Определение максимально-молекулярной влагоемкости почвы по методу А.Ф.Лебедева	75
Расчет поливных норм и физиологически полезных запасов воды в почве	76
7. <u>Водопроницаемость почвы</u>	77
Определение водопроницаемости методом борозд (по С.Н.Рыжову)	78
Определение водопроницаемости методом рам или цилиндров	80
Зарисовка контура смачивания почвы	82
8. <u>Воздушные свойства почвы и состав почвенного воздуха</u> (Л.Н.Слесарева)	83
Геометрический метод Н.Ф.Добрякова	84
Манометрический метод Званса и Кирхема	86
Определение содержания в почвенном воздухе углекислоты и кислорода	88
9. <u>Физико-механические свойства почвы</u>	94
Определение физической спелости почвы	94
Определение влажности агрегации почвы по Д.Г.Ви- ленскому	95

Определение верхнего предела пластичности или нижней границы текучести по Аттербергу	97
Определение нижней границы текучести по А.М.Ва- сильеву	98
Определение нижнего предела пластичности или нижней границы раскатывая по Аттербергу	100
Определение крошения почвы в спелом состоянии.	102
Определение твердости почвы по методу И.Ф.Голу- бева	103
10. <u>Определение группового состава коллоидно-илистых частиц в карбонатных почвах (П.Н.Беседин)</u>	107
11. <u>К методике измерения влажности почвы прибором НИВ-2 (нейтронный индикатор влажности) (И.Турапов)</u>	113
12. <u>Методы изучения температурного режима почв (И.Турапов)</u>	116
13. <u>Методы изучения теплофизических свойств почв (И.Турапов, Институт почвоведения и агрохимии МСХ УзССР)</u>	117
Л и т е р а т у р а	127

МЕТОДЫ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПОЧВ СРЕДНЕЙ АЗИИ
(Издание 4-е, дополненное)

Утверждено Ученым Советом СоюзНИИХИ

Редактор — И.С.Гняздовская

Технический редактор—В.А.Некрасова

Р-20044. Подписано к печати 29.XII-1973 г. Формат бумаги 50x60^{1/8}
 усл.п.л.8,25. Уч-изд.л.6,6. Заказ № 4056 . Тираж-1000.
 Цена-73 коп.

Картофлябрика ин-та "Узгипрозем", Ташкент, Муками, 176.