

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

Цель упражнения – освоить методы камеральных расчетов основных водно-физических свойств и динамики влагозапасов почвы для обоснования проекта гидромелиорации.

Основные задачи.

1. Определить основные водно-физические свойства почвы по результатам полевых изысканий (плотность, пористость, полную и наименьшую влагоемкость).

2. Установить оптимальный диапазон почвенных влагозапасов с учетом планируемого сельскохозяйственного использования почв.

3. Построить график динамики влагозапасов почвы, определить периоды переувлажнения, переосушки и оценить потребность в гидромелиорации участка.

Исходные данные: 1) первичные материалы изысканий (табл.5.1):

а) гранулометрический состав почвы – песок, супесь, суглинок, глина, торф;

б) масса почвенного образца $P = 250 - 400$ г;

в) объем почвенного бура $V = 150 - 200$ см³;

г) влажность почвенного образца $\beta = 15 - 30\%$ массы;

д) плотность твердой фазы $\rho_{уд} = 2,40 - 2,70$ г/см³;

2) сельскохозяйственное использование – полевой, кормовой, овощной севооборот, пастбище, сенокос;

3) расчетный слой почвы $h = 0,4 - 0,6$ м;

4) динамика влажности почвы на заливаемой площадке при определении наименьшей влагоемкости (приложение 3);

5) динамика влажности почвы по декадам вегетационного периода по вариантам (приложение 4).

Теоретическая часть.

Водные свойства почвы являются важным показателем ее фактического плодородия и водного режима. *Водный режим почвы* представляет собой совокупность всех форм поступления, передвижения и расходования влаги в ее расчетном слое.

Количественной оценкой водного режима является *водный баланс* почвы, т.е. сопоставление всех приходных и расходных элементов, формирующих водный режим.

Т а б л и ц а 5.1. Исходные данные для определения водно-физических свойств почвы

№ варианта	Почва	$\rho_{уд.}$ г/см ³	V, см ³	P, г	β , %
1	Песок	2,41	150	252	15
2		2,42	200	320	17
3		2,43	200	318	16
4	Супесь	2,44	150	248	18
5		2,45	150	255	20
6		2,46	150	250	15
7		2,47	200	352	17
8		2,48	200	358	20
9		2,49	200	345	19
10	Легкий суглинок	2,50	160	268	20
11		2,51	150	262	19
12		2,52	150	251	15
13		2,53	200	382	20
14		2,54	200	396	25
15	Средний суглинок	2,55	150	269	17
16		2,56	150	263	15
17		2,57	150	282	23
18		2,58	200	363	20
19		2,59	200	371	22
20	Тяжелый суглинок	2,60	150	270	23
21		2,62	150	275	25
22		2,64	150	262	20
23		2,66	200	348	20
24		2,68	200	367	25
25	Глина	2,69	150	276	27
26		2,70	150	288	30
27		2,71	200	356	23
28		2,72	200	376	28
29	Торф	1,50	150	81	145
30		1,55	150	73	140
Пример	Легкий суглинок	2,52	150	266	19

Основными показателями водных свойств почвы являются ее *влажность*, *вагозапасы* и *влагоемкость*.

Влажностью почвы (β , %) называют содержание влаги в почве, выраженное в процентах от какой-либо ее константы: от массы сухой почвы (весовая влажность); от объема почвы ($\beta^{об}$); от пористости (β^A). Наиболее просто определяют *весовую* влажность почвы (β , %) стандартным *термостатно-весовым* методом.

Образцы для определения β отбирают из стенки шурфа с учетом генетических и литологических горизонтов или при проходке скважин почвенным буром из каждого 10-см слоя до глубины 1 м и далее из каждого 20-см слоя в трехкратной повторности. При использовании бура (рис. 6.1.а) глубина отбора образцов фиксируется по меткам на его штанге.

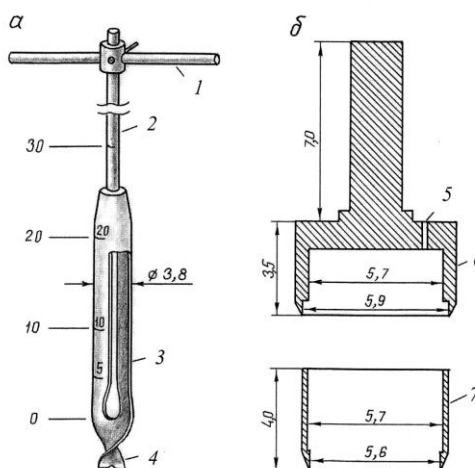


Рис. 5.1. Буры для определения влажности (а) и плотности (б) почв:
 1 – ручка; 2 – штанга; 3 – пробоотборник; 4 – наконечник в виде сверла;
 5 – отверстие для выхода воздуха; 6 – направляющая насадка;
 7 – режущий цилиндр. Размеры даны в сантиметрах

Объем пробоотборника должен обеспечивать получение трех почвенных образцов. Каждый образец почвы сразу помещается в бюкс (алюминиевый стаканчик диаметром 5 см и высотой 4 см с крышкой и выбитым номером) и должен заполнять в рыхлом состоянии не менее 2/3 его объема.

Взвешивание образцов выполняется на весах типа ВЛТК-500 с точностью 0,01 г. Для высушивания образцов применяют сушильные шкафы (термостаты) с электрическим подогревом. Высушивание навесок при температуре 105 – 110°C проводится до достижения их постоянного веса и составляет обычно 6 – 8 ч (для торфяных почв – в 1,5 – 2,0 раза больше). По окончании высушивания горячие бюксы закрывают крышками, оставляют остывать и после этого взвешивают.

Весовую влажность почвогрунта рассчитывают по формуле

$$\beta = \frac{m_A - m_N}{m_N - m_i} \cdot 100\% , \quad (5.1)$$

где m_B, m_C – масса бюксов с влажной и сухой почвой, г;

m_o – масса пустого бюкса, г.

Влажность каждого слоя почвенного профиля определяется с точностью 0,1 % как средняя из трех измеренных повторностей.

При необходимости более оперативных и массовых определений влажности почвы в отдельных случаях применяют ускоренный термостатно-весовой метод (высушивание минеральных почв при температуре 130°C) или используют нейтронные влагомеры.

Взаимосвязь влажности весовой (β , %), объемной (β^o , %) и от пористости почвы (β^A , %) выражается формулами

$$\beta^{iá} = \beta \cdot \rho; \quad (5.2)$$

$$\beta^{\dot{A}} = \frac{\beta^{iá}}{\dot{A}} \cdot 100\%, \quad (5.3)$$

где ρ – плотность почвы, г/см³;

A – пористость почвы, % от объема.

Влагоемкость почвы отражает способность почвы поглощать и удерживать определенное количество влаги на качественно различных уровнях. На рис. 6.2 показаны основные уровни влагоемкости почвы от максимального до минимального содержания влаги (в % от объема почвенных пор), а также находящиеся между границами этих уровней виды (формы) почвенной влаги.

Полная влагоемкость (ПВ) наблюдается при полном вытеснении водой воздуха из почвенных пор, включая заземленный воздух. При отсутствии водоупора и влияния близко расположенного уровня грунтовых вод происходит вертикальный сток воды из крупных сквозных пор от уровня ПВ до уровня равновесного состояния, обеспечиваемого капиллярными силами в более мелких порах. Данная форма почвенной влаги носит название *гравитационной*.

В процессе дальнейшего последовательного уменьшения количества воды (за счет испарения) она присутствует далее в почве в формах *капиллярной, пленочной и гигроскопической* влаги.

При изучении влагоемкости почвы с целью регулирования ее водного режима наибольший практический интерес представляет *предельная полевая (или наименьшая) влагоемкость*, которая является нижней границей гравитационной влаги и одновременно верхним пределом диапазона благоприятной для растений (оптимальной) почвенной влажности β_B . Нижний предел диапазона благоприятной влажности почвы β_H составляет в среднем 0,65–0,80 от β_B в зависимости от вида растений. Уменьшение влажности почвы ниже значения β_H приводит к существенному снижению продуктивности выращиваемых культур.

Уровни влагоемкости почвы и соответствующая им влажность, % от пористости		Виды (формы) почвенной влаги	
Полная влагоемкость	ПВ 100	Гравитационная влага	Свободная влага
Динамическая влагоемкость	ДВ		
Предельная полевая (наименьшая) влагоемкость	ППВ (НВ) 60-75	Капиллярная влага	Связанная влага
Диапазон благоприятной для растений влажности почвы	$\Delta = \beta_B - \beta_H$		
Влажность разрыва капилляров	ВРК 35-45	Пленочная влага	
Влажность устойчивого завядания	ВУЗ 15-30		
Максимальная гигроскопичность	МГ 2-8	Гигроскопическая влага	
Химически связанная влага	ХСВ < 2		

Рис. 5.2. Основные уровни влагоемкости почвы, виды (формы) почвенной влаги и диапазон благоприятной для растений (оптимальной) влажности почвы

Определение границ β_B и β_H при изысканиях необходимо для обоснования гидротехнических мелиораций (осушение, орошение).

Ниже границы *влажности разрыва капилляров* почвенная влага переходит в малодоступную для растений форму *пленочной влаги*, а ниже уровня *влажности устойчивого завядания* становится для них практически недоступной. При поглощении сухой почвой водяных паров атмосферы ниже границы *максимальной гигроскопичности* образуется небольшое количество *гигроскопической влаги*, которая, как и входящая в состав молекул почвенных минералов *химически связанная влага*, полностью недоступны растениям.

Предельная полевая влагоемкость (ППВ) соответствует максимальному содержанию капиллярно-подвешенной влаги в данном слое почвы при отсутствии испарения и подпитывающего влияния грунтовых вод. Понятие «*наименьшая влагоемкость*» (НВ) практически совпадает с ППВ и отмечается при полном оттоке гравитационной влаги и глубоком залегании грунтовых вод.

Наименьшую влагоемкость определяют в полевых условиях при залегании грунтовых вод глубже 3 м методом *заливаемых площадок*.

Суть метода состоит в насыщении влагой исследуемой толщи почвогрунта выше его водоудерживающей способности и создании условий оттока гравитационной воды при отсутствии испарения. Для этого на участке выбирают ровную площадку размером от 1 × 1 м (песчаные почвы) до 2 × 2 м (суглинистые), окружают ее уплотненным земляным валиком высотой 20 – 30 см и заливают водой до 200 – 250 л/м², не размывая поверхности почвы. Чтобы исключить испарение, площадку закрывают полиэтиленовой пленкой.

После этого в центре площадки с помощью почвенного бура в трех-четырёхкратной повторности до требуемой глубины берут образцы на

влажность почвы. Последующими отборами образцов фиксируется прекращение снижения влажности почвы за счет стока, что соответствует достижению влажности уровня НВ. Величину наименьшей влагоемкости получают путем построения графика по данным полевого опыта на заливаемой площадке. Пример графика приведен на рис. 5.3.

В условиях низинных территорий при капиллярном воздействии на почву близко залегающих грунтовых вод определяют динамическую (или капиллярную) влагоемкость. *Динамическая влагоемкость* (ДВ) соответствует количеству воды, которое удерживает почва в капиллярно-подпертом состоянии при данном положении уровня грунтовых вод. При подъеме уровня грунтовых вод значение ДВ увеличивается в диапазоне от наименьшей до полной влагоемкости.

Сопоставление динамической влагоемкости почв с их пористостью дает возможность выявить зону благоприятной аэрации для развития корневой системы растений и обосновать оптимальную глубину положения уровня грунтовых вод (*норму осушения*). Динамическую влагоемкость в обводненных почвах определяют на монолитах.

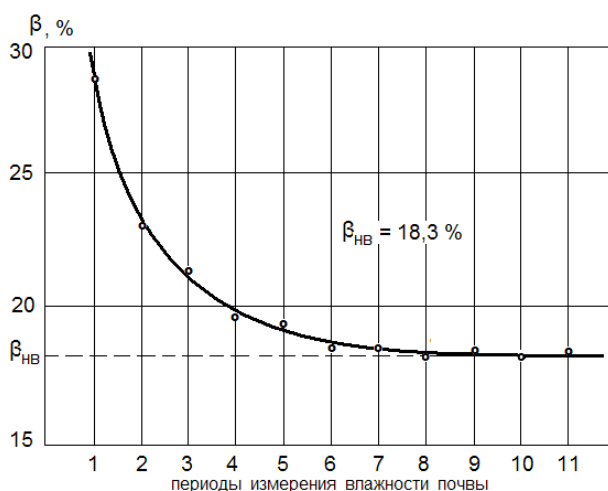


Рис. 5.3. График определения наименьшей влагоемкости почвы по данным полевого опыта на заливаемой площадке

Монолиты почвогрунта высотой 60–100 см (в зависимости от предполагаемого понижения грунтовых вод) извлекают из разреза в специальных ящиках, укладывают горизонтально и освобождают от боковой крышки. Монолит из лейки насыщают до полной влагоемкости, предварительно защитив его от размыва слоем материала. После этого снимают нижнюю торцовую доску и устанавливают монолит вертикально в емкость, заполненную обводненным песком (рис. 5.4).

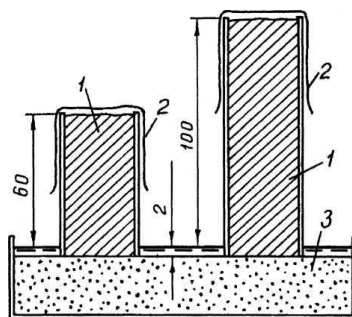


Рис. 5.4. Определение динамической влагоемкости почвы на монолитах:
1 - почвенные монолиты; 2 - полиэтиленовая пленка; 3 - обводненный песок.

Размеры даны в см.

Для предотвращения испарения монолит заворачивают в полиэтиленовую пленку. Уровень воды в емкости поддерживают так, чтобы монолит был погружен в воду на 2 см. Через 2,3,4,5 и 6 сут. (соответственно для песчаных, супесчаных, суглинистых, торфяных и глинистых почв) из монолита отбирают образцы на влажность почвы, которая соответствует динамической влагоемкости при данном уровне стояния вод и заданной глубине отбора образцов.

Плотность почвы (ρ , г/см³) – это масса единицы объема сухой (высушенной при 105 – 130° С) почвы ненарушенного сложения. Определяют ее в полевых условиях при помощи объемного бура с точностью до 0,01 г/см³. Для определения плотности минеральных почв используют бур, состоящий из режущего цилиндра и направляющей насадки (рис.6.1б).

В практике полевых исследований применяют цилиндры объемом от 50 (полевая лаборатория Литвинова) до 500 см³ (прибор Качинского). Наиболее устойчивые результаты получают при соотношении диаметра цилиндра к высоте, равном 1,3 – 1,5.

Отбор образцов для определения плотности почвогрунтов выполняют из шурфа (одновременно с отбором образцов на влажность) в каждом генетическом горизонте и литологическом слое, но не реже чем через 30 см. После взвешивания образец перемешивают и отбирают 3 пробы в бюксы для определения влажности.

Плотность почвы рассчитывают по формуле (5.4).

В торфяных почвах, где органические скопления и корневая система образуют пружинящую массу, применяют бур Зайдельмана (рис. 6.1,б). На режущей части его цилиндра имеются зубцы, заточенные по типу продольной пилы. Цилиндр вводят в торф равномерным вращением воротка направляющей насадки.

Пористость (порозность, скважность) почвы, выражающая процентное отношение объема всех пор почвы к ее общему объему при естественном сложении, вычисляется по зависимости (5.5).

Характеристику *водопроницаемости* почвогрунтов дает их *коэффициент фильтрации*, полевые методы определения которого зависят от характера обводненности исследуемой толщи и проводятся аналогично методам гидрогеологических исследований.

Порядок выполнения.

Плотность почвы рассчитывают по результатам ее определения объемным буром с использованием зависимости

$$\rho_{ia} = \frac{100D}{V(100 + \beta)}, \tilde{a}/\tilde{n}\tilde{l}^3. \quad (5.4)$$

Рассчитанная с точностью до 0,01 г/см³ плотность почвы принимается как средняя для слоя h.

Пористость почвы определяется по формуле

$$A = \left(1 - \frac{\rho_{ia}}{\rho_{oa}}\right) \cdot 100, \% . \quad (5.5)$$

где ρ – плотность почвы, г/см³;

$\rho_{уд}$ – плотность твердой фазы (удельная масса) почвы, определяемая в лаборатории пикнометрическим методом, г/см³.

Влажность почвы (% от сухой массы) при ее полной влагоемкости рассчитывают по зависимости

$$\beta_{ПВ} = A / \rho_{об}, \% . \quad (5.6)$$

Наименьшую влагоемкость определяют путем построения приведенного на рис. 5.3 графика по данным полевого опыта на заливаемой площадке (приложение 3).

Для установления оптимального диапазона почвенных влагозапасов рассчитывается их значение при верхней (W_{max} , мм) и нижней (W_{min} , мм) границах этого диапазона:

$$W_{max} = 10 h \rho_{об} \beta_{НВ}, \quad (5.7)$$

где $\beta_{НВ}$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, полученная по графику (пример на рис. 5.3), % от массы сухой почвы.

Нижняя граница оптимального диапазона принимается в пределах 0,6 – 0,8 от верхней в зависимости от намеченного сельскохозяйственного использования земель.

Для построения графика динамики влагозапасов почвы (рис.5.4) данные приложения 4 пересчитываются по формуле (5.7), где вместо $\beta_{НВ}$ подставляются декадные значения влажности почвы β . На график наносятся также границы оптимального диапазона влагозапасов при W_{max} и W_{min} .

По данному графику определяются периоды переувлажнения почвы (при $W_i > W_{max}$), переосушки (при $W_i < W_{min}$) и делается вывод о необходимости и видах гидромелиоративных мероприятий.

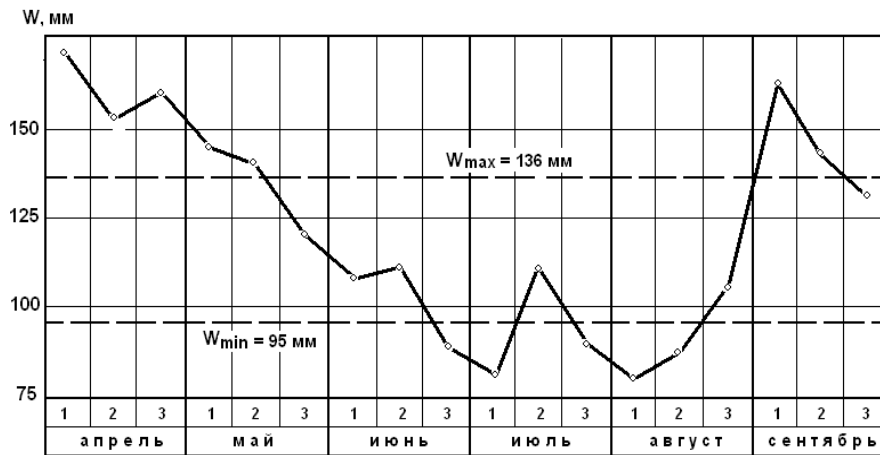


Рис. 5.4. График динамики влагозапасов почвы по декадам вегетационного периода

Пример выполнения упражнения.

Для примера расчетов используем данные нижней строки табл. 5.1.

Плотность почвы рассчитываем по формуле (5.4)

$$\rho_{iá} = \frac{100 \cdot 266}{150(100+19)} = 1,49 \tilde{a} / \tilde{n} \tilde{i}^3.$$

Пористость почвы определим по формуле (5.5)

$$\tilde{A} = \left(1 - \frac{1,49}{2,56}\right) \cdot 100 = 41,8\%.$$

Влажность почвы (% от сухой массы) при ее полной влагоемкости рассчитаем по зависимости (5.6)

$$\beta_{ПВ} = 41,8 / 1,49 = 28,1 \%$$

Наименьшую влагоемкость ($\beta_{НВ}$, % от массы почвы) определим путем построения графика (см. рис. 5.3) по данным приложения 3.

С горизонтального участка кривой графика, осредняющей опытные точки, снимаем на вертикальную ось значение $\beta_{НВ} = 18,3\%$.

Определяем оптимальный диапазон почвенных влагозапасов путем расчета верхней (W_{max} , мм) и нижней (W_{min} , мм) границ этого диапазона. При этом принимаем $W_{min} = 0,7 W_{max}$.

$$W_{max} = 10 \cdot 0,5 \cdot 1,49 \cdot 18,3 = 136 \text{ мм};$$

$$W_{min} = 136 \cdot 0,7 = 95 \text{ мм}.$$

Для построения графика динамики влагозапасов почвы (рис.5.4) данные приложения 4 (вариант примера) пересчитываем по формуле (5.7), где вместо $\beta_{НВ}$ подставляем декадные значения влажности почвы β_i . Так для первой расчетной декады получим:

$$W_1 = 10 \cdot 0,5 \cdot 1,49 \cdot 22,8 = 170 \text{ мм.}$$

Аналогичным образом рассчитываем влагозапасы почвы для всех остальных декад и наносим их значения на график соответственно середине каждой декады. Полученные точки соединяем прямыми отрезками, получая ломаную линию сезонной динамики влагозапасов. На графике также проводим верхнюю и нижнюю границы оптимального диапазона почвенных влагозапасов согласно их рассчитанным значениям.

Полученный график динамики влагозапасов почвы по декадам вегетационного периода наглядно показывает периоды, в течение которых влагозапасы находились в пределах их оптимального (благоприятного) диапазона, а также выходили за его пределы, превышая верхнюю границу W_{\max} либо опускаясь ниже нижней границы W_{\min} .

Пользуясь графиком, следует отметить даты наступления и окончания периодов переувлажнения и недостатка влаги, соответствующие точкам пересечения линии динамики влагозапасов верхней и нижней границ.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели определяют водные свойства почвы?
2. В чем суть термостатно-весового метода определения влажности почвы?
3. С помощью каких приборов определяется плотность почвы и плотность твердой фазы почвы ?
4. Что такое влагозапасы почвы и как определяется их оптимальный диапазон ?
5. Что такое полная и наименьшая влагоемкость почвы и как они определяются ?