

## Практическая работа № 2

### ФОРМЫ ВОДЫ В ПОЧВЕ И РАСЧЕТ ЗАПАСОВ В НЕЙ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ

Роль почвенной влаги исключительно велика в почвообразовании (процессы выветривания и новообразования минералов, гумусообразование, химические реакции, в целом обособление и формирование почвенного профиля и т. д.). Не менее важное значение имеет почвенная влага как фактор плодородия почв, а отсюда и как фактор сельскохозяйственного производства (табл. 1).

В почве вода находится в различных состояниях и формах, а следовательно, обладает разной степенью доступности для растений. Различают связанную и свободную почвенную воду.

В связанной воде частицы почвы удерживаются очень прочно, и она не может передвигаться под влиянием силы тяжести. Напротив, свободная вода подчинена закону земного притяжения, не связана силами притяжения с почвенными частицами и передвигается под действием капиллярных и гравитационных сил. Исходя из этого выделяют капиллярную и гравитационную формы воды.

*Капиллярная вода.* Ее наличие и распределение в почве находится под влиянием капиллярных (менисковых) сил, которые проявляются в порах от 3 – 100 мкм (0,003 – 0,1 мм) до 8 мм. В порах менее 3 мкм и крупнее 8 мм капиллярные силы не проявляются. По своему физическому состоянию эта вода жидкая, она обладает высокой подвижностью и играет основную роль в водообеспечении растений.

Таблица 1

Зависимость максимальной молекулярной влагоемкости  
от гранулометрического состава почвы

Гранулометрический состав почвы	Максимальная молекулярная влагоемкость, % от объема почвы
Песок, легкая супесь	< 5
Тяжелая супесь	5 – 8
Легкий суглинок	8 – 12
Средний суглинок	12 – 16
Тяжелый суглинок	16 – 24
Глина	> 24

Различают несколько видов капиллярной воды:

- а) капиллярно-подвешенную;
- б) капиллярно-подпертую;
- в) капиллярно-посаженную.

Н. А. Качинский отмечает, что силы, удерживающие капиллярную воду, колеблются от 3 – 4 атм в тонких капиллярах (порах) до 0,5 атм – в крупных. Это ниже величины осмотического давления клеточного сока корней растений, что и делает эту воду легкодоступной для них. Эта форма воды, являясь основным источником водного питания растений, ценна в том плане, что ее можно регулировать, применяя различные агротехнические и мелиоративные мероприятия (табл. 2).

Таблица 2

Распределение капиллярно-подвешенной влаги по профилю почв различного гранулометрического состава

Гранулометрический состав почвы	Влажность, % от объема почвы									
	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60	60 – 70	70 – 80	80 – 90	90 – 100
Тяжелый суглинок	40	39	35	34	33	32	31	30	29	28
Средний суглинок	30	28	28	28	28	27	26	25	25	–
Супесь	24	23	22	21	20	17	15	13	–	–

*Гравитационная вода* находится в почве преимущественно в крупных порах и передвигается исключительно под влиянием силы тяжести. Это жидкая форма воды, обладающая высокой растворяющей способностью и возможностью переносить в растворенном состоянии соли, коллоидные растворы и т. д. Эта вода легкодоступна для растений (ее осмотическое давление менее 0,5 атм), в случае проточности грунтовой воды она может быть источником их нормального водного питания.

Гравитационную воду подразделяют на просачивающуюся гравитационную, передвигающуюся сверху вниз по порам и трещинам в случае превышения ее количества над удерживающей силой менисков в капиллярах, и воду водоносных горизонтов.

*Вода водоносных горизонтов* – это грунтовые, почвенно-грунтовые и почвенные воды. Они образуются при заполнении всей скважно-

сти грунта свободной водой. Это может быть результатом наличия водопроницаемого горизонта, задерживающего нисходящий ток гравитационной воды, а также превышения объема поступающей гравитационной воды над объемом ее оттока.

Улучшение водно-воздушного режима переувлажненных свободной гравитационной водой почв является главной задачей осушительных мелиораций.

*Твердая вода.* Лед при его таянии является потенциальным источником жидкой и парообразной воды. Превращение воды в лед при пониженных температурах играет большую роль в почвообразовательных процессах (структурообразование, наличие временных и постоянных водоупоров и т. д.).

Различные категории воды в почве имеют неодинаковые точки замерзания. Так, свободная вода в незасоленной почве замерзает при отрицательных температурах, близких к 0 °С; капиллярная вода – при десятках градусов, а прочносвязанная (МГ) не замерзает и при –78 °С. В целом можно сказать, что лед – это особая разновидность свободной воды.

Все характеристики рассмотренных форм воды были сведены В. А. Ковдой в таблицу и дают наглядное представление о спектре складывающегося водного режима почв (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика форм воды в почве

Форма воды	Связь с почвой (или состояние воды в почве)	Подвижность	Доступность растениям при малой минерализации	Передвижение солей
Химически связанная	Химическая	Неподвижна	Недоступна	Нет
Парообразная	В почвенном воздухе	Подвижна	»	»
Гигроскопическая	Адсорбционная молекулярная	Фиксирована	»	»
Пленочная	Молекулярная	Очень мало подвижна	Малодоступна (увядание)	Медленное в направлении испарения
Капиллярная	Менисковая	Подвижна	Доступна	В направлении испарения и меньшей влажности

Форма воды	Связь с почвой (или состояние воды в почве)	Подвижность	Доступность растениям при малой минерализации	Передвижение солей
Гравитационная	Свободная	Подвижна (нисходящим током)	Доступна	Преимущественно в нисходящем направлении
Грунтовая	»	Подвижна	»	Преимущественно в боковом направлении
Лед	»	Неподвижна	Недоступна	Нет
Поверхностная	»	Подвижна	Доступна	По уклону местности

### Почвенно-гидрологические константы

Рассмотренные ранее категории (формы) почвенной воды довольно условны, тем не менее можно выделить интервалы влажности, в пределах которых какая-то часть влаги обладает одинаковыми свойствами и степенью ее доступности для растений.

Границы значений влажности, характеризующие пределы появления различных категорий и форм почвенной влаги, называются *почвенно-гидрологическими константами*.

Выделяют пять основных почвенно-гидрологических констант, которые широко применяются в агрономической и мелиоративной практике (рис. 1):

- 1) максимальная гигроскопичность (МГ);
- 2) влажность завядания (ВЗ);
- 3) влажность разрыва капилляров (ВРК);
- 4) наименьшая влагоемкость (НВ);
- 5) полная влагоемкость (ПВ).



Рис. 1. Схема граничных значений почвенно-гидрологических констант на шкале влажности, % от полной влагоемкости

*Максимальная гигроскопическая влажность.* По ее величине определяют влажность завядания растений – нижний предел физиологически доступной для растений воды. Для расчета влажности завядания используют коэффициенты в пределах от 1,2 до 1,5.

Величина коэффициента зависит от вида растений и условий их выращивания. Для некоторой стандартизации в расчетах используют коэффициент 1,5. Его величина определяется химическим, минералогическим, но в основном гранулометрическим составом почв.

Определение величины максимальной гигроскопической влажности проводят по методу А. В. Николаева. Метод основан на длительном (20 – 30 дней) поглощении почвенными частицами молекул воды в условиях атмосферы, насыщенной водяными парами в замкнутом пространстве эксикатора с насыщенным раствором  $K_2SO_4$ .

*Влажность завядания (ВЗ)* – влажность, при которой растения начинают обнаруживать признаки завядания, не исчезающие при перемещении в атмосферу, насыщенную водяными парами. Это нижний предел доступной для растений влаги (табл. 4).

Величину влажности завядания используют в расчетах для вычисления активной влаги. Кроме расчетного метода в лабораторных условиях ее величину определяют методом проростков или обезвоживанием почвы.

Таблица 4

Величина максимальной гигроскопичности в почвах различных типов в зависимости от их гранулометрического состава

Тип почв	Максимальная гигроскопичность, %	Гранулометрический состав почв	Максимальная гигроскопичность, %
Подзолистые	3 – 7	Глины тяжелые	20 – 30
Черноземы	7 – 15	Глины	12 – 18
Каштановые	8 – 12	Суглинки	4 – 7
Солонцы	10 – 15	Супеси	2 – 3
Сероземы	4 – 7	Пески тонкие	0,5 – 1,5
Торфяники	30 – 40	Пески грубые	0,05 – 0,1

Влажность завядания определяется свойствами почв и видом растительности. В песчаных почвах она колеблется в пределах 1 – 3 %, в супесчаных – 4 – 6 %, суглинистых – 10 – 12 %, глинистых – 20 – 30 %. В торфах влажность завядания достигает 60 – 80 %.

*Влажность разрыва капилляров (ВРК)* – это нижний предел оптимальной для растений влажности, ниже которого нарушаются сплошность движения воды по капиллярам и непрерывное ее поступление к корневым системам. При этом рост растений замедляется и их продуктивность снижается. По экспериментальным данным эта величина составляет в среднем 50 – 60 % от наименьшей влагоемкости почв, но может повышаться до 75 – 85 % от наименьшей влагоемкости (НВ).

Помимо свойств почв величина ВРК в значительной мере зависит от вида растений и от фазы их развития. В этом случае величина ВРК даже для одного вида, но в разные фазы роста может значительно колебаться (например, у озимой пшеницы величина ВРК от фазы кущения к фазе колошения возрастает от 70 до 80 % от НВ). Величину ВРК используют при расчете поливной нормы ( $m$ ), где оптимальной считается влага, находящаяся в границах от ВРК (нижний предел оптимума) до НВ (верхняя граница оптимума влаги).

*Наименьшая влагоемкость (НВ)* – это наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое почва способна удержать после ее обильного увлажнения и свободного стекания избытка влаги. Величина НВ широко используется в агрономической и мелиоративной практике при расчете поливных и промывных норм, продуктивной влаги и ее дефиците в почве и т. д.

Под дефицитом влаги понимают разность между запасами при НВ и количеством влаги в изучаемом слое почвы в момент исследования (табл. 5).

Таблица 5

Величина предельной полевой влагоемкости (ППВ) почв различного гранулометрического состава

Гранулометрический состав почв	Предельная полевая влагоемкость, % от скважности		ППВ, % к объему почвы
	Несолонцеватые почвы	Солонцеватые почвы	
Глинистые	85 – 90	90 – 93	50 – 60
Тяжелосуглинистые	70 – 80	85 – 90	45 – 50
Среднесуглинистые	60 – 70	75 – 85	45 – 50
Легкосуглинистые	50 – 60	65 – 75	40 – 45
Супесчаные	40 – 50	60 – 65	40 – 45
Глинистые пески	30 – 40	50 – 60	35 – 40
Пески	25 – 30	–	30 – 35

Для получения наивысшей продуктивности сельскохозяйственных культур необходима влажность почвы в пределах от 70 до 100 % от наименьшей влагоемкости, ее снижение приводит к уменьшению урожайности и снижению качества продукции. Основным способом, препятствующим этому, является орошение. Знание величины НВ, правильное ее применение – главные условия рационального регулирования водного режима почв, в том числе и при орошении.

*Полная влагоемкость* (ПВ) – это наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при заполнении всех пор водой. Это сумма прочносвязанной, рыхлосвязанной и свободной воды в почве. Такое состояние влаги характерно для болотных почв, для горизонтов залегания грунтовых вод, при избыточном поливе и т. д. Полная влагоемкость в зависимости от пористости может колебаться от 30 до 80 % веса (объема) почвы, в среднем составляет 40 – 50 %.

### **Порядок расчета запасов влаги в корнеобитаемых слоях почвы для любых сельскохозяйственных культур**

Фактор влажности является определяющим и при разработке рациональной агротехники, особенно в орошаемом земледелии. Поэтому определение влажности почвы имеет большое практическое значение, поскольку дает быструю и надежную информацию для установления момента наступления спелости почвы для обработки, расчета влаги, доступной для растений, для определения сроков и норм полива в орошаемом земледелии и т. д.

Под влажностью почвы понимают процентное содержание ее в любой данный момент времени, отнесенное к весу сухого образца или к единице объема. Расчет влажности почвы ведут по формуле

$$W = \frac{a \cdot 100}{p},$$

где  $W$  – процентное содержание влаги;  $a$  – количество воды в образце, г;  $p$  – вес сухой почвы, г.

Весовой процент влаги зависит от плотности сложения почвы, поэтому необходимо вычислять влажность в процентах к объему почвы

$$Wdv \% = W \cdot d_v,$$

где  $Wdv$  – влажность, % от объема почвы;  $W$  – влажность, % от веса почвы;  $d_v$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

В мелиорации почв расчеты запасов влаги в почве измеряют в миллиметрах водного столба

$$W_{\text{мм вод.ст.}} = \frac{Whd_v \cdot 10}{100},$$

где  $W_{\text{мм}}$  – запас воды в почве определенного слоя, мм вод. ст.;  $W$  – влажность, % в слое почвы определенной мощности;  $h$  – мощность слоя почвы, см;  $d_v$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>; 10 – множитель для перевода в миллиметры; 100 – множитель для перевода процентов в миллиметры.

В мелиорации почв чаще пользуются величиной, выраженной в кубометрах на гектар (м<sup>3</sup>/га) или тоннах на гектар (т/га). Для этого величину  $W$  мм вод. ст. умножают на коэффициент 10, поскольку слой воды в 1 мм на площади в 1 га (10000 м<sup>2</sup>) составляет 10 м<sup>3</sup>, или 10 т (1 мм = 0,001 м · 10000 м<sup>2</sup> = 10 м<sup>3</sup>).

$$W_{\text{м}^3} = W_{\text{мм вод. ст.}} \cdot 10.$$

Расчет запасов почвенной влаги проводят отдельно по каждому генетическому горизонту, затем суммируют влажности каждого горизонта для получения общей величины запасов воды, например, в корнеобитаемом слое почвы глубиной до 2 м.

$$W_{\text{общ мм}} = W_{1 \text{ мм}} + \dots + W_{2 \text{ мм}} + W_{n \text{ мм}}.$$

Для вычисления запасов продуктивной влаги необходимо иметь данные:

- по максимальной гигроскопической влажности (по МГ рассчитывается влажность завядания растений);
- наименьшей (общей) влагоемкости;
- естественной полевой влажности (ЕПВ) в момент определения;
- плотности почвы;
- мощности генетических горизонтов (или слоев) почвы.

Приведем пример расчета продуктивной влаги и ее дефицита в естественных условиях в обыкновенном тяжелосуглинистом черноземе со следующими характеристиками по отдельным слоям до глубины 50 см:

0 – 10 см – НВ<sub>1</sub> = 30,5 %; ЕПВ<sub>1</sub> = 26,1 %; МГ<sub>1</sub> = 7,8 %;  $d_{v1}$  = 1,19 г/см<sup>3</sup>;  
 10 – 20 см – НВ<sub>2</sub> = 29,3 %; ЕПВ<sub>2</sub> = 24,3 %; МГ<sub>2</sub> = 8,4 %;  $d_{v2}$  = 1,23 г/см<sup>3</sup>;  
 20 – 30 см – НВ<sub>3</sub> = 26,9 %; ЕПВ<sub>3</sub> = 19,6 %; МГ<sub>3</sub> = 9,0 %;  $d_{v3}$  = 1,24 г/см<sup>3</sup>;  
 30 – 40 см – НВ<sub>4</sub> = 24,1 %; ЕПВ<sub>4</sub> = 19,3 %; МГ<sub>4</sub> = 9,2 %;  $d_{v4}$  = 1,34 г/см<sup>3</sup>;  
 40 – 50 см – НВ<sub>5</sub> = 20,6 %; ЕПВ<sub>5</sub> = 18,9 %; МГ<sub>5</sub> = 8,7 %;  $d_{v5}$  = 1,36 г/см<sup>3</sup>.

Исходя из этих данных прежде всего необходимо рассчитать влажность завядания каждого слоя, %

$$B3_1 = MГ_1 \cdot 1,5.$$

$$B3_1 = MГ_1 \cdot 1,5 = 7,8 \cdot 1,5 = 11,7;$$

$$B3_2 = 8,4 \cdot 1,5 = 11,6;$$

$$B3_3 = 9,0 \cdot 1,5 = 13,5;$$

$$B3_4 = 9,2 \cdot 1,5 = 13,8;$$

$$B3_5 = 8,7 \cdot 1,5 = 13,1.$$

Затем рассчитать диапазон продуктивной влаги, %,

$$W_{\text{ДПВ}} = \text{НВ} - \text{ВЗ}.$$

$$W_{\text{ДПВ } 1} = 30,5 - 11,7 = 18,8;$$

$$W_{\text{ДПВ } 2} = 29,3 - 12,6 = 16,7;$$

$$W_{\text{ДПВ } 3} = 26,9 - 13,5 = 13,4;$$

$$W_{\text{ДПВ } 4} = 24,1 - 13,8 = 10,3;$$

$$W_{\text{ДПВ } 5} = 20,6 - 13,1 = 7,5.$$

Провести пересчет величины  $W_{\text{ДПВ}}$  из процентов в миллиметры водного столба

$$W_{\text{мм вод. ст.}} = \frac{W_{\text{ДПВ}} \cdot 10}{100}.$$

$$W_{\text{мм1}} = \frac{18,8 \cdot 10 \cdot 1,19 \cdot 10}{100} = 22,37 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм2}} = \frac{16,7 \cdot 10 \cdot 1,23 \cdot 10}{100} = 20,54 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм3}} = \frac{13,4 \cdot 10 \cdot 1,24 \cdot 10}{100} = 16,62 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм4}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 1,34 \cdot 10}{100} = 13,8 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм5}} = \frac{7,5 \cdot 10 \cdot 1,36 \cdot 10}{100} = 10,2 \text{ мм}.$$

Суммируем по слоям запасы влаги в миллиметрах и получаем запас влаги в слое 0 – 50 см ( $W_{\text{общ}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$ ). Это будет полный запас продуктивной влаги при насыщении почвы до наименьшей влагоемкости.

При расчете запасов продуктивной влаги в настоящее время используют оценочные количественные показатели согласно А. Ф. Вадюниной, З. А. Корчагиной. Для слоя 0 – 20 см: более 40 мм вод. ст. – запасы хорошие, 40 – 20 мм вод. ст. – удовлетворительные, менее 20 мм вод. ст. – неудовлетворительные. Для слоя 0 – 100 см: более 160 мм вод. ст. – запасы очень хорошие, 160 – 130 мм вод. ст. – запасы хорошие (это 70 – 80 % НВ), 130 – 90 мм вод. ст. – удовлетворительные, 90 – 60 мм

вод. ст. – плохие (соответствуют 40 – 50 % НВ), менее 60 мм вод. ст. – запасы очень плохие.

### Порядок выполнения работы

1. Найти по глубинам влажность завядания, %, 
$$ВЗ = МГ \cdot 1,5.$$
2. Определить диапазон активной (продуктивной) влаги  $W_{\text{дпв}}$ , %, 
$$W_{\text{дпв}} = НВ - ВЗ$$
3. Рассчитать запас активной (продуктивной) влаги  $W$ , мм вод. ст., 
$$W_{\text{мм вод.ст.}} = \frac{W_{\text{дпв}} h d_v \cdot 10}{100}.$$
4. Вычислить запас активной (продуктивной) влаги  $W$ , м<sup>3</sup>/га, 
$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = W_{\text{мм}} \cdot 10.$$
5. Рассчитать суммарный запас активной (продуктивной) влаги в слое ... см, м<sup>3</sup>/га, 
$$W_{\text{общ. нв}} \text{ м}^3/\text{га} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots W_n.$$
6. Определить дефицит влаги (НВ – ЕПВ), м /га, для этого:
  - 6.1. Найти запас активной (продуктивной) влаги при ЕПВ по слям 
$$W_{\text{общ. мм}} = \frac{(ЕПВ - ВЗ) h d_v \cdot 10}{100}.$$
  - 6.2 Перевести запасы влаги по слоям из миллиметров в кубический метр на гектар.
  - 6.3. Рассчитать суммарный запас влаги (ЕПВ) в слое, см. 
$$W_{\text{общ. епв}} = W_{\text{ЕПВ1}} + W_{\text{ЕПВ2}} + W_{\text{ЕПВ3}} + \dots W_{\text{ЕПВn}}.$$
  - 6.4. Вычислить недостаток (дефицит) влаги, м<sup>3</sup>/га.
  - 6.5.  $W_{\text{деф.}} \text{ м}^3/\text{га} = W_{\text{общ. нв}} - W_{\text{общ. епв}}.$

### Пример расчета

0 – 11 см (11) – НВ<sub>1</sub> = 25,4 %; ЕПВ<sub>1</sub> = 23,8 %; МГ<sub>1</sub> = 9,6 %;  $d_{v1} = 1,21 \text{ г/см}^3$ ;  
11 – 24 см (13) – НВ<sub>2</sub> = 30,1 %; ЕПВ<sub>2</sub> = 22,9 %; МГ<sub>2</sub> = 11,5 %;  $d_{v2} = 1,29 \text{ г/см}^3$ ;  
24 – 46 см (22) – НВ<sub>3</sub> = 26,1 %; ЕПВ<sub>3</sub> = 20,3 %; МГ<sub>3</sub> = 10,0 %;  $d_{v3} = 1,47 \text{ г/см}^3$ ;  
46 – 74 см (28) – НВ<sub>4</sub> = 24,4 %; ЕПВ<sub>4</sub> = 18,9 %; МГ<sub>4</sub> = 8,6 %;  $d_{v4} = 1,50 \text{ г/см}^3$ ;  
74 – 92 см (18) – НВ<sub>5</sub> = 23,0 %; ЕПВ<sub>5</sub> = 16,1 %; МГ<sub>5</sub> = 9,0 %;  $d_{v5} = 1,63 \text{ г/см}^3$ .

Исходя из этих данных прежде всего необходимо рассчитать влажность завядания каждого слоя, %,

$$ВЗ_1 = МГ_1 \cdot 1,5 = 9,6 \cdot 1,5 = 14,4;$$

$$ВЗ_2 = МГ_2 \cdot 1,5 = 11,5 \cdot 1,5 = 17,25;$$

$$B_{33} = MГ_3 \cdot 1,5 = 10,0 \cdot 1,5 = 15;$$

$$B_{34} = MГ_4 \cdot 1,5 = 8,6 \cdot 1,5 = 12,9;$$

$$B_{35} = MГ_5 \cdot 1,5 = 9,0 \cdot 1,5 = 13,5.$$

Затем рассчитывают диапазон продуктивной влаги по формуле, %,  $W_{дпв} = НВ - ВЗ$ .

$$W_{дпв1} = 25,4 - 14,4 = 11,0;$$

$$W_{дпв2} = 30,1 - 17,25 = 12,85;$$

$$W_{дпв3} = 26,1 - 15 = 11,1;$$

$$W_{дпв4} = 24,4 - 12,9 = 11,5;$$

$$W_{дпв5} = 23 - 13,5 = 9,5.$$

Далее проводят пересчет величины  $W_{дпв}$  из процентов в миллиметры водного столба по формуле  $W_{мм \text{ вод.ст.}} = \frac{W_{дпв} \cdot 10}{100}$ .

$$W_{мм1} = \frac{11 \cdot 11 \cdot 1,21 \cdot 10}{100} = 14,64 \text{ мм};$$

$$W_{мм2} = \frac{12,85 \cdot 13 \cdot 1,29 \cdot 10}{100} = 21,55 \text{ мм};$$

$$W_{мм3} = \frac{11,1 \cdot 22 \cdot 1,47 \cdot 10}{100} = 35,9 \text{ мм};$$

$$W_{мм4} = \frac{11,5 \cdot 28 \cdot 1,50 \cdot 10}{100} = 48,3 \text{ мм};$$

$$W_{мм5} = \frac{9,5 \cdot 18 \cdot 1,63 \cdot 10}{100} = 37,87 \text{ мм}.$$

В нашем примере эта величина будет  $22,37 + 20,54 + 16,62 + 13,8 + 10,2 = 83,53$  мм вод. ст.

Однако содержание продуктивной влаги может колебаться в определенный момент времени в значительных интервалах, следовательно, в расчетах будем применять понятие «естественная полевая влажность»  $W_{епв}$ .

На первом этапе необходимо рассчитать диапазон продуктивной влаги, который сложился в естественных условиях (без полива), а затем пересчитать его в запасе. Согласно многим литературным данным допускается расчет при объединении двух смежных операций в одной формуле и расчете запаса влаги при  $W_{епв}$ , мм,

$$W_{епв1} = \frac{(26,1 - 11,7) \cdot 1,19 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 17,14;$$

$$W_{епв2} = \frac{(24,3 - 12,6) \cdot 1,23 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 14,4;$$

$$W_{\text{ЕПВ}3} = \frac{(19,6-13,5)1,24 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 7,6;$$

$$W_{\text{ЕПВ}4} = \frac{(19,3-13,8)1,34 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 7,4;$$

$$W_{\text{ЕПВ}5} = \frac{(18,9-13,1)1,36 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 7,9.$$

Следовательно, величина общего запаса продуктивной влаги составит  $17,4 + 14,4 + 7,6 + 7,4 + 7,9 = 54,44$  мм.

Таким образом, делаем вывод, что уровень разницы между запасом продуктивной влаги при НВ, равной 83,53 мм, при конкретном содержании влаги, равном ЕПВ = 54,44 мм, составляет 29,09 мм, или 291 м<sup>3</sup>/га. Следовательно, для достижения оптимального уровня влажности необходимо внести 291 м<sup>3</sup>/га воды до достижения оптимума для развития растений.

Определить диапазон активной (продуктивной) влаги  $W_{\text{ДПВ}}$ , %,

$$W_{\text{ДПВ}} = \text{НВ} - \text{ВЗ}.$$

$$W_{\text{ДПВ}1} = 25,4 - 14,4 = 11,0;$$

$$W_{\text{ДПВ}2} = 30,1 - 17,25 = 12,85;$$

$$W_{\text{ДПВ}3} = 26,1 - 15 = 11,1;$$

$$W_{\text{ДПВ}4} = 24,4 - 12,9 = 11,5;$$

$$W_{\text{ДПВ}5} = 23 - 13,5 = 9,5.$$

Рассчитать запас активной (продуктивной) влаги  $W$ , мм вод. ст.

$$W_{\text{мм вод.ст.}} = \frac{W_{\text{ДПВ}} h d \nu \cdot 10}{100}.$$

$$W_{\text{ММ}1} = \frac{11 \cdot 11 \cdot 1,21 \cdot 10}{100} = 14,64 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}2} = \frac{12,85 \cdot 13 \cdot 1,29 \cdot 10}{100} = 21,55 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}3} = \frac{11,1 \cdot 22 \cdot 1,47 \cdot 10}{100} = 35,9 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}4} = \frac{11,5 \cdot 28 \cdot 1,50 \cdot 10}{100} = 48,3 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}5} = \frac{9,5 \cdot 18 \cdot 1,63 \cdot 10}{100} = 37,87 \text{ мм}.$$

Вычислить запас активной (продуктивной) влаги  $W$ , мм,

$$W_{\text{общ. НВ мм}} = 14,64 + 21,55 + 35,9 + 48,3 + 37,87 = 148,26.$$

Вычислить запас активной (продуктивной) влаги  $W$ , м<sup>3</sup>/га,

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = W_{\text{ММ}} \cdot 10.$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 14,64 \cdot 10 = 146,4;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 21,55 \cdot 10 = 215,5;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 35,9 \cdot 10 = 359,0;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 48,3 \cdot 10 = 483;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 37,87 \cdot 10 = 378,7.$$

Рассчитать суммарный запас активной (продуктивной) влаги в слое ... см, м<sup>3</sup>/га,

$$W_{\text{общ. НВ м}^3/\text{га}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots W_n.$$

$$W_{\text{общ. НВ м}^3/\text{га}} = 146,4 + 215,5 + 359 + 483 + 378,7 = 1482,6 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Определить дефицит влаги (НВ – ЕПВ), м /га, для этого найти запас активной (продуктивной) влаги при ЕПВ по слоям

$$W_{\text{общ. мм}} = \frac{(\text{ЕПВ} - \text{ВЗ}) h dv \cdot 10}{100}.$$

Перевести запасы влаги по слоям из мм в м<sup>3</sup>/га. Рассчитать суммарный запас влаги в слое ... см

$$W_{\text{общ. ЕПВ}} = W_{\text{ЕПВ1}} + W_{\text{ЕПВ2}} + W_{\text{ЕПВ3}} + \dots W_{\text{ЕПВn}}.$$

Вычислить недостаток (дефицит) влаги, м<sup>3</sup>/га,

$$W_{\text{деф. м}^3/\text{га}} = W_{\text{общ. НВ}} - W_{\text{общ. ЕПВ}}.$$

В соответствии с приведенным порядком выполнения работы выбрать номер варианта по табл. 6 и 7 индивидуальных заданий и провести самостоятельный расчет.

Таблица 6

Индивидуальные задания для расчетов запасов влаги  
в корнеобитаемых слоях почвы

Номер варианта	Глубина отбора, см					Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>					Максимальная гигроскопичность, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	15	27	44	69	84	1,19	1,25	1,44	1,41	1,65	10,4	9,8	4,5	5,7	6,1
2	12	21	51	75	98	1,24	1,31	1,47	1,54	1,59	5,7	6,3	12,9	8,4	9,4
3	10	24	54	82	98	1,22	1,28	1,46	1,48	1,62	8,1	8,1	8,7	7,1	7,8
4	12	24	51	77	95	1,20	1,27	1,45	1,44	1,64	9,2	8,9	6,6	6,4	6,9
5	9	35	44	68	92	1,12	1,3	1,5	1,6	1,7	6,9	7,0	7,1	6,3	7,0
6	4	13	20	32	47	1,19	1,29	1,47	1,50	1,64	8,3	8,3	8,2	7,0	7,7
7	15	26	45	70	86	1,16	1,30	1,49	1,52	1,68	10,8	10,7	10,7	9,5	10,2
8	5	17	37	73	89	1,22	1,30	1,47	1,52	1,61	8,6	8,6	8,3	7,2	7,9
9	14	24	48	72	91	1,19	1,29	1,47	1,50	1,65	12,4	12,4	12,1	11,0	10,7
10	11	23	53	78	98	1,21	1,28	1,46	1,48	1,62	8,9	8,9	8,8	7,6	8,2
11	9	23	44	67	86	1,15	1,31	1,51	1,56	1,67	10,6	10,3	7,6	7,6	8,1

Окончание табл. 6

Номер варианта	Глубина отбора, см					Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>					Максимальная гигроскопичность, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
12	8	27	57	88	97	1,20	1,29	1,46	1,49	1,63	10,4	10,3	10,1	9,0	9,2
13	13	23	48	73	93	1,15	1,30	1,50	1,54	1,67	9,3	9,3	9,5	8,2	8,7
14	7	24	36	59	89	1,21	1,29	1,47	1,50	1,62	13,2	13,1	12,5	11,6	10,9
15	14	26	46	71	88	1,17	1,30	1,49	1,52	1,66	10,5	10,4	9,7	8,8	9,0
16	10	31	49	73	95	1,21	1,29	1,46	1,49	1,62	5,4	18,9	11,9	8,1	9,7
17	11	24	47	72	92	1,16	1,30	1,50	1,54	1,67	9,7	14,1	11,4	9,5	9,9
18	14	25	47	72	90	1,21	1,29	1,46	1,49	1,63	8,1	8,1	7,7	6,7	7,4
19	12	22	37	89	98	1,16	1,30	1,50	1,54	1,67	7,7	13,7	10,3	8,1	9,0
20	11	24	46	74	92	1,21	1,29	1,47	1,50	1,63	9,6	11,5	10,0	8,6	9,0

Таблица 7

Некоторые биологические показатели и мощность активного слоя  
ПОЧВЫ

Номер варианта	Наименьшая влагоемкость, %					Естественная полевая влажность, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	28,4	29,7	26,0	22,4	21,7	29,1	24,3	19,7	18,9	17,2
2	22,4	33,1	28,4	25,1	19,7	27,9	22,1	18,7	15,4	14,3
3	27,7	31,2	27,2	23,8	20,7	24,2	23,2	19,2	17,2	15,8
4	21,5	27,9	21,2	18,8	16,8	22,1	25,4	24,8	23,2	17,8
5	25,0	30,5	25,7	22,5	19,7	25,4	23,8	20,6	18,7	16,3
6	21,5	29,4	28,1	29,4	26,4	21,6	20,1	17,7	16,2	14,4
7	23,9	29,7	25,5	23,6	20,9	27,0	23,2	19,2	17,2	15,8
8	24,3	30,2	26,0	23,7	20,8	23,0	23,1	21,0	19,4	16,1
9	23,3	29,8	26,5	25,6	21,8	25,3	22,2	18,7	17,6	15,8
10	32	29,1	24,8	24,9	30,6	27,4	22,7	19,0	16,3	15,0
11	25,9	29,7	25,7	24,4	27,3	23,6	23,1	20,1	18,3	15,9
12	26,7	31,2	27,7	26,8	27,1	23,7	23,8	21,7	20,4	16,8
13	25,2	30,1	26,1	24,2	22,8	26,4	23,2	19,8	17,5	15,6
14	25,2	29,7	26,1	25,3	24,6	22,6	21,6	18,9	17,2	15,2
15	25,2	29,9	26,1	24,8	23,7	25,4	23,5	20,5	18,8	16,3
16	27,7	30,3	26,5	24,6	22,1	24,7	23,1	20,4	18,4	15,9
17	25,9	29,7	25,7	24,4	23,5	24,0	21,9	18,8	17,4	15,5
18	25,2	29,8	25,8	24,5	23,4	26,4	23,1	19,7	17,5	15,6
19	26,3	29,9	26,0	24,5	23,0	24,2	23,1	20,3	18,3	15,9
20	25,4	30,1	26,1	24,4	23,0	23,8	22,9	20,3	18,9	16,1