

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

В.К. Ивченко, В.А. Полосина

## **Земледелие**

Методические указания для лабораторно-практических занятий и  
самостоятельной работы  
Часть 1

Красноярск 2026

Рецензент

**Ступницкий Д.Н.**, канд.с.-х. наук., доцент каф. растениеводства, селекции и семеноводства

**Ивченко, В.К., Полосина, В.А.**

**Земледелие:** Методические указания для лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы. Часть 1. / В.К. Ивченко, В.А. Полосина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2026. - 35 с.

Представлены задания для лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы, контрольные вопросы. Методические указания предназначены для студентов очной и заочной формам обучения по направлениям: 35.03.04 – Агрономия, профиль Цифровые агротехнологии; 44.03.04 – Профессиональное обучение (по отраслям), профиль Агрономия; 35.04.04 – Агрономия, направленность «Защита растений».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Красноярского государственного аграрного университета

© Красноярский государственный аграрный университет, 2026

## АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Почва представляет собой сложную дисперсную систему, обусловленную гранулометрическим составом, наличием органического вещества, структурностью.

При воздействии почвообрабатывающих машин на почву изменяется, прежде всего, её агрофизическое состояние, влекущее соответствующее изменение агрофизических, агрохимических, биологических свойств.

Агрофизические свойства почвы подразделяют на основные, функциональные, технологические (или физико-механические).

К основным агрофизическим свойствам относятся: плотность твёрдой фазы почвы (удельная масса), плотность сложения почвы (объёмная масса), строение пахотного слоя, общая пористость, макроагрегатный состав и водопрочность структуры.

От них в значительной мере зависят функциональные свойства почвы: водно-физические, воздушные, тепловые, обеспечивающие наличие факторов жизни растений.

Технологические (физико-механические) свойства почвы определяют качество обработки, сроки её проведения, агрегатирование сельхозмашин.

Эти свойства зависят от гранулометрического состава почвы, наличия в ней гумуса, структуры и проявляются при определённой степени увлажнения. В данных методических указаниях рассматриваются самые главные агрофизические свойства почвы, без знания которых невозможно изучать систему обработки почвы, разрабатывать приемы почвозащиты.

## РАЗДЕЛ 1

### МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

#### СТРУКТУРА ПОЧВЫ

**Структурой почвы** называют совокупность различных по величине и форме почвенных агрегатов или отдельностей. Почвенные агрегаты состоят из первичных почвенных частиц или из микроагрегатов, соединённых друг с другом в результате коагуляции коллоидов, склеивания, слипания, механического воздействия.

Способность почвы распадаться на агрегаты или структурные отдельности называется структурностью почвы.

По размеру агрегатов структура почвы подразделяется следующим образом: глыбистая структура - агрегаты (комочки) более 10 мм; макроструктура - агрегаты от 10 до 0,25 мм; микроструктура - частицы меньше 0,25 мм (пыль).

Различают два свойства почвенных агрегатов: связность и прочность.

**Связность** - способность противостоять механической силе воздействия.

**Прочность** - способность противостоять размывающему действию воды или других факторов.

Агрономически ценной считается водопрочная структура, создание которой и является одной из важнейших задач земледелия.

В зависимости от содержания макроагрегатов (от 0,25 до 10 мм) даётся оценка структурного состояния и водопрочности почвы исследуемых образцов по следующей шкале, приведённой в таблице 1.

Почва считается структурной, если в ней содержится более 65% комочков (агрегатов) и менее 35 % пыли. Если же пылевая фракция составляет больший процент - она плохо оструктурена, при наличии пыли (менее 0,25 мм) до 75 %, почва называется распыленной, при 75% - бесструктурной, сильно распыленной.

Таблица 1 - Оценка структуры почвы (градации В.Р. Вильямса)

| Содержание макроагрегатов (10- 0,25 мм),<br>% к массе почвы |             | Структурное состояние |
|---|-------------|-----------------------|
| воздушно-сухих  | водопрочных |                       |
| Более 80  | Более 70    | Отличное              |
| Более 80-60   | Более 70-50 | Хорошее               |
| Более 59-40   | Более 49-30 | Удовлетворительное    |
| Менее 40  | Менее 30    | Неудовлетворительное  |

В бесструктурной почве нарушены все режимы. Она обладает плохой водопроницаемостью, небольшой влагоёмкостью, с повышением температуры такая почва интенсивно испаряет воду, иссушается.

После дождей такие почвы заплывают, уплотняются, нарушается воздухообмен, резко ухудшаются технологические свойства (повышается связность, липкость, удельное сопротивление).

Кроме того, бесструктурные почвы сильно подвергаются ветровой и водной эрозии, плохо обрабатываются.

Структурные почвы имеют хорошее сложение. Благодаря высокой водопроницаемости и влагоёмкости в них создаются достаточные для растений запасы почвенной влаги. Оптимальные условия водно-воздушного и теплового режимов почвы обуславливают активное развитие микробиологических процессов и накопление элементов питания.

Благоприятные технологические свойства позволяют произвести обработку с высоким качеством.

Оструктуренные почвы эрозионно устойчивы.

Важным качеством почвенной структуры является водопрочность агрегатов, устойчивость их к воздействию воды.

Создание агрономически ценной водопрочной структуры является одной из главных задач агротехнических мероприятий в земледелии.

Существуют прямые и косвенные методы определения качества структуры почвы. Прямые дают возможность установить степень разрушения всех агрегатов при воздействии на них воды (метод Н.И.Саввинова, Г.И. Павлова, М.Х. Пигулевского).

Косвенные методы определения водопрочности агрегатов характеризуют почву по скорости водопроницаемости (метод Фадеева-Вильямса, П.В. Вершинина) или по времени, необходимом для полного размыва образца (метод П.И. Андрианова).

### **Задание 1. Определение макроагрегатного состава почвы методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову**

Для определения структурного состояния почвы студентами во время учебной практики отбираются образцы массой 1 кг с различных полей севооборотов или разных вариантов обработки почвы в трёхкратной повторности.

Пробы берут по диагонали поля (с 5-7 мест) почвенным буром с глубины пахотного (0-20 см), подпахотного слоя (20-30 см) или послойно через каждые 10 см.

Отобранные образцы доставляют в лабораторию, крупные комки (> 1-2 см) осторожно разминают руками, а затем доводят до воздушно - сухого состояния.

## Ход анализа

Из общего образца отбирают среднюю пробу массой 250 г или 500 г. Образец помещают на верхнее сито, закрывают крышкой и подвергают просеиванию через колонку сит с диаметром отверстий: 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм. В поддон собирают фракцию менее 0,25 мм (пыль). Равномерно двигая колонку сит вправо, влево (50 раз), ведут просеивание. Нижние сита (1-0,25) необходимо просеять дополнительно для чистоты отделения фракций. По окончании отсева почвенного образца аккуратно (без потерь) с каждого сита переносят агрегаты на отдельный чистый лист бумаги с указанием номера сита. Таким образом заканчивается разделение образца почвы на фракции-агрегаты.

Каждую фракцию почвенных агрегатов и пыли взвешивают, затем определяют содержание их в анализируемом почвенном образце в процентах (принимая за 100% общую навеску в 250 г). Полученные данные записывают в таблицу 2.

Выделенные фракции почвенного образца не выбрасывают и не смешивают. Их используют для отбора среднего почвенного образца на мокрое просеивание при определении водопрочности структуры.

Фракция пыли, оставшаяся на поддоне, взвешивается только для проверки точности. Для мокрого просеивания эту фракцию не берут во избежание забивания сит.

Определив процентное содержание комочков почвенных агрегатов, приступают к отбору их для мокрого просеивания. Чтобы обеспечить отбор агрегатов пропорционально их содержания в почве, берут четвертую часть процентного содержания каждой фракции, или десятую долю от навески в граммах. Таким образом, составляется средний образец для дальнейшего анализа на водопрочность структуры. Общая навеска образца равна 25 г, за вычетом пыли.

По окончании анализа дают оценку оструктуренности почвы, сравнивая полученный результат с данными, представленными в табл. 1. Для этого определяют сумму (в %) агрономически ценных макроагрегатов размером от 0,25 до 10 мм и неценных (глыбы > 10 мм + пыль < 0,25 мм). По формуле

$$K_{\text{стр}} = \frac{\Sigma\%(10-0,25)}{\Sigma\% >10 + < 0,25}$$

находят коэффициент структурности, который служит для сравнительной оценки макроагрегатного состава отдельных почвенных образцов.

## Задание 2. Определение водопрочности почвенной структуры методом мокрого просеивания

Существует несколько методов (Саввиного, Виленского, Бакшеева и др.) определения водопрочности почвенной структуры. Сущность их заключается в том, что почвенные комочки ранее отобранного среднего образца (25 г минус пыль), подвергают воздействию воды (качанием в цилиндре, капельному воздействию, промыванию на ситах и т.д.).

В данном случае применяется прибор имени Бакшеева, представляющий собой два цилиндра, расположенных на стойке с подключением в электрическую сеть. В цилиндрах расположена колонка с набором сит с отверстиями диаметром 5, 3, 2, 1,0.5, 0.25 мм.

Проверив состояние прибора, приступают к анализу. Цилиндр с набором сит аккуратно, не задевая за привод, вынимают из гнезда, открывают крышку, наливают воду до середины ободка верхнего сита.

Чтобы под нижними ситами не осталось воздуха, сита осторожно поднимают и опускают, одновременно поворачивая по часовой стрелке.

Образец почвы помещают в центр верхнего сита, цилиндр закрывают крышкой и в верхнее отверстие доливают воду доверху. После этого цилиндр вставляют в гнездо прибора. Прибор включают в электросеть и после этого начинается воздействие воды на почвенные агрегаты при качании цилиндров. Одновременно работают два цилиндра. Продолжительность работы прибора для размыва одного образца составляет 12 минут.

За это время взвешивают пустые чашки, записывают номера их в табл. 2 напротив соответствующего диаметра агрегатов, расставляют чашки по порядку в ряд на столе.

Через 12 мин прибор выключают, цилиндры вынимают, воду сливают, ставят на подставку, открывают крышки, вынимают и разбирают наборы сит. Оставшиеся на ситах агрегаты смывают промывалками в предварительно взвешенные чашки. После осветления воды в чашках избыток её сливают, чашки с почвой сушат в термостате или на водяной бане до воздушно-сухого состояния и после охлаждения взвешивают.

Чистую массу агрегатов определяют как разность между массой чашки с агрегатами после сушки и массой пустой чашки. Чтобы вычислить процентное содержание каждой фракции, нужно массу этой фракции в сухом состоянии умножить на 4. Процентное содержание фракции менее 0,25 мм определяют вычитанием из 100 суммы процентов всех фракций крупнее 0,25 мм (водопрочные).

Таблица 2 - Форма записи данных по определению макроагрегатного состава почвы и водопрочности структуры (название образца, место и сроки отбора)

| Диаметр агрегатов.<br>мм | Сухое просеивание |   | Масса фракций для мокрого | Мокрое просеивание |       |   |
|--------------------------|-------------------|---|---------------------------|--------------------|-------|---|
|                          | Масса             | % |                           | №                  | масса | % |
|                          |                   |   |                           |                    |       |   |

|            | фракции |  | просеивания,<br>г | чашки | чашки  |              | сухих агрегатов | водопрочности агрегатов |
|------------|---------|--|-------------------|-------|--------|--------------|-----------------|-------------------------|
|            |         |  |                   |       | пустой | с агрегатами |                 |                         |
|            |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| более 10   |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 10-7       |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 7-5        |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 5-3        |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 3-2        |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 2-1        |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 1-0.5      |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| 0.5-0.25   |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| менее 0.25 |         |  |                   |       |        |              |                 |                         |
| Всего      | 250     |  |                   |       |        |              |                 |                         |

Используя данные табл. 1, можно дать оценку водопрочности структуры почвы исследуемого образца. Для сравнения показателей водопрочности почвенной структуры с разных полей севооборота находят коэффициент водопрочности.

$$K_{\text{водопрочности}} = \frac{\text{Сумма водопрочных агрегатов в \%}}{\text{\%неводопрочных}}$$

В качестве вывода к работе даётся полная оценка оструктуренности почвы и рекомендации по улучшению её.

### **Приборы и оборудование**

1. Набор сит с диаметром отверстий от 0,25 до 10 мм.
2. Весы электрические.
3. Чашки фарфоровые или металлические.
4. Водяные бани.
5. Приборы Бакшеева.
6. Промывалки.

### **Задание 3. Определение содержания в почве эрозионно опасной фракции**

Под эрозией понимается полное или частичное разрушение поверхности почвы и вынос самой ценной части (мелкозёма) с помощью ветра (ветровая эрозия) или воды (водная эрозия).

Ветровая эрозия (дефляция) почв может проявляться локально, на отдельных полях или участках (местная эрозия).

Иногда она охватывает одновременно значительные территории (пыльные бури), разрушая полностью пахотный слой почвы.

Степень подверженности почвы эрозии определяется силой ветровой

деятельности, механическим составом и оструктуренностью почвы, влажностью, состоянием поверхности, сложением и т.д.

Исследованиями установлено, что наиболее эрозионно опасные частицы размером менее 1,0 мм в диаметре. Если их содержание в почве не превышает 26 % от массы, а фракций крупнее 1 мм - не менее 50%, можно считать почву ветроустойчивой.

Но при сильной ветровой деятельности (скорость ветра >22 м/с) даже при комковатости 60-70% может отмечаться вынос мелкозема. Для полной защиты требуется наличие стерни в количестве не менее 300 шт/м<sup>2</sup>.

Эрозия почвы — разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов почвы в результате действия воды и ветра (ГОСТ 27593-88).

Большое значение при оценке устойчивости почв против ветровой эрозии имеет содержание агрегатов размером более 1мм. Для этой цели пользуются следующей шкалой оценки устойчивости почв к ветровой эрозии:

- почва совершенно неустойчива, если комков крупнее 1мм содержится менее 25%;
- почва неустойчива против ветра - от 25 до 50 %;
- почва устойчива против ветра - от 50 до 75 %;
- почва высокой устойчивости против ветра - более 75 %.

### Ход работы

Берут навеску исследуемой почвы в воздушно-сухом состоянии, равную 0.25, 0.5 кг, готовят к анализу, таким же образом, как при определении структуры почвы по Н.И. Саввинову.

Затем просеивают через сито с диаметром 1 мм, взвешивают фракции менее 1 мм. Повторность определения не менее 3-5-кратная. В данном случае можно пользоваться результатом работы 1.

Ветроустойчивость определяют по соотношению массы фракций крупнее 1 мм и мелкозёма (менее 1 мм).

$$U_e = \frac{B-B_1}{B} * 100,$$

где  $U_e$  - ветроустойчивость;

$B$  - масса почвы, взятой для анализа, г;

$B_1$  - масса частиц, диаметром менее 1 мм, г.

В полевых условиях применяют методы учёта сносимой ветром почвы. Чаще всего используют метод ловушек: ловушка-цилиндр, ловушка-кювет.

Более точные результаты при изучении ветровой эрозии почвы достигаются применением специальных приборов - пылеуловителей, позволяющих улавливать все виды передвигающихся частиц, а также осуществлять учёт оставшейся стерни.

## Вопросы

1. Что понимают под структурой почвы?
2. Значение структуры.
3. Показатели агрономической ценности структуры (количественные и качественные).
4. Водопрочность структуры, значение.
5. Факторы структурообразования и разрушения структуры.
6. Агротехнические приёмы по улучшению структуры почвы.
7. Что понимают под эрозией почвы?
8. Вид эрозии и причины проявления.
9. Охарактеризовать качество почвы, устойчивой к эрозии.
10. Меры борьбы с водной эрозией почв.
11. Методы предотвращения ветровой эрозии.

### Задание 4. Строение пахотного слоя почвы

Плодородная почва характеризуется оптимальным соотношением воды и воздуха, распределяющихся в почвенных порах.

Почвенные поры по величине условно делятся на два вида:

1. мелкие поры между первичными частицами почвы внутри комочков составляют капиллярную или внутриагрегатную пористость;
2. более крупные поры, расположенные между агрегатами, образуют некапиллярную, межагрегатную.

Общий объём всех пор, выраженный в процентах к объёму почвы, называется **общей скважностью, или пористостью**.

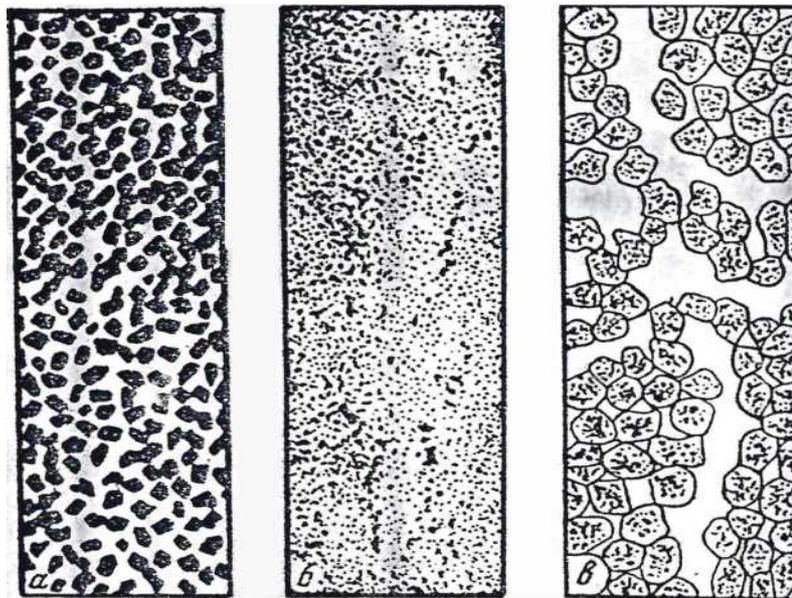


Рис. 1 - Скважность различных почв (по А. Стебуту)

а) песчаная почва, все поры крупные; б) бесструктурная глина, все поры тонкокапиллярные; в) структурная почва, между комками поры крупные, в комках – мелкие капиллярные.

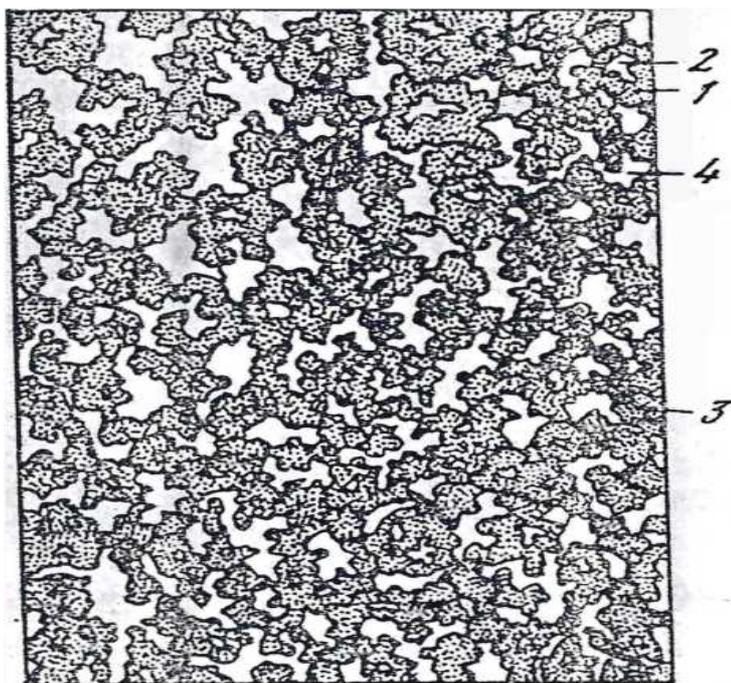


Рис. 2 - Порозность культурной структурной почвы  
(по Н.А. Качинскому)

1 – тонкие, преимущественно капиллярные, поры в комках при смачивании почвы заполняются водой; 2 – средние по размерам поры в комках при смачивании на короткий период заполняются водой, потом, после рассасывания ее – воздухом; 3 – капиллярные поры на стыке комков в сырой почве большей частью заполнены водой; 4 – крупные поры между комками почти всегда заполнены воздухом.

Соотношение объёмов твёрдой фазы почвы и различного вида пор (общей пористости) называется **строением пахотного слоя**.

Строение пахотного слоя определяется взаимным расположением почвенных частиц и агрегатов (сложением), зависит от генетических особенностей почвы (содержания гумуса, гранулометрического состава, оструктуренности почвы), способов и качества обработки почвы, а также от агротехнического состояния почвы при возделывании сельскохозяйственных культур.

Создание оптимального строения (сложения) пахотного слоя почвы - важная задача земледелия, т.к. оно регулирует водно-воздушный режим почвы, биологические процессы, наличие элементов питания, определяет величину урожая.

#### Приборы и оборудование

1. Цилиндры (патроны) с почвой.
2. Весы электрические.
3. Линейки, эксикатор с  $\text{CaCl}_2$ .
4. Фильтровальная бумага, стёклышки 10x10 см.
5. Бюксы, сушильный шкаф.
6. Ванны для насыщения.

## Ход анализа

Для определения строения пахотного слоя применяют металлические цилиндры (патроны) различных размеров. **Почва отбирается с полей севооборотов в патроны с пахотного, подпахотного слоев специальным буром и доставляется в лабораторию.**

Поверхность патрона тщательно очищается от почвы ножом. Снимая поочерёдно крышки с патрона, удаляют излишнюю почву, выравнивают оставшуюся, закрывают и взвешивают до сотых долей, форма записи указана ниже. Измеряют высоту патрона и диаметр.

Осторожно сняв крышку с одного конца патрона, прикладывают стёклышко в фильтровальной бумаге, переворачивают и ставят в ванночки для насыщения на специальные подставки, обёрнутые в фильтровальную бумагу и погруженные на 2-3 см в воду.

Почва в патроне должна плотно соприкоснуться с влажной поверхностью фильтровальной бумаги.

Насыщение почвы в патронах водой происходит 5-7 дней. Затем патроны снимают с подставки вместе со стеклом, переворачивают, снимают со стекла оставшуюся почву и переносят в патрон, закрывают его крышкой, взвешивают.

Для определения влажности почвы с середины патрона берут пробу в предварительно взвешенный бюкс (2 бюкса), взвешивают, сушат в термостате, определяют влажность. Она равна капиллярной влаге в патроне. Патрон освобождают от почвы, моют, сушат, взвешивают.

Таблица 3 - Форма записи и расчётов параметров строения пахотного слоя

Полное название образца \_\_\_\_\_ Дата отбора \_\_\_\_\_

| № п/п | Перечень показателей                      | Условные обозначения | Значение показателей в слое почвы, см |
|-------|---|----------------------|---------------------------------------|
| 1     | 2   | 3                    | 4                                     |
| 1     | Номер патрона                             |                      |                                       |
| 2     | Высота почвы в патроне, см                | Н                    |                                       |
| 3     | Диаметр, см                               | Д                    |                                       |
| 4     | Объём почвы в патроне, см <sup>3</sup>    | V                    |                                       |
| 5     | Масса патрона с почвой до насыщения, г    | B <sub>1</sub>       |                                       |
| 6     | Масса патрона с почвой после насыщения, г | B <sub>2</sub>       |                                       |
| 7     | Масса пустого патрона, г,                 | B                    |                                       |
| 8     | Номер бюкса                               |                      |                                       |
| 9     | Масса бюкса пустого, г                    | A <sub>1</sub>       |                                       |
| 10    | Масса бюкса с почвой до                   | A <sub>2</sub>       |                                       |

|    |   |       |  |
|----|---|-------|--|
|    | сушки, г  |       |  |
| 11 | Масса бюкса с почвой после сушки, г                         | $A_3$ |  |
| 12 | Капиллярная влагоемкость, %                                 | $V_k$ |  |
| 13 | Масса абсолютно сухой почвы, г                              | $B_3$ |  |
| 14 | Масса воды в почве после насыщения, г                       | $B_4$ |  |
| 15 | Объем твердой фазы почвы, %                                 | $V_1$ |  |
| 16 | Общая пористость, %   | $V_2$ |  |
| 17 | Пористость капиллярная, %                                   | $V_3$ |  |
| 18 | Пористость некапиллярная, %                                 | $V_4$ |  |
| 19 | Удельная масса почвы, г/см <sup>3</sup>                     | $d$   |  |
| 20 | Объемная масса почвы (плотность), г/см <sup>3</sup>         | $d_0$ |  |
| 21 | Влажность почвы при отборе пробы, %                         | $B_0$ |  |
| 22 | Степень аэрации почвы, %                                    | $V_a$ |  |
| 23 | Степень насыщения водой почвы, %                            | $V_n$ |  |
| 24 | Общий запас воды в изучаемом слое почвы, м <sup>3</sup> /га | $W_0$ |  |

Удельная масса находится экспериментально или значение её даёт преподаватель.

Основные показатели строения (сложения) почвы рассчитывают по формулам в следующей последовательности:

1. Объем образца почвы в патроне (V), см<sup>3</sup>

$$V = \frac{2\pi r^2}{4} \cdot H$$

где  $\pi = 3,14$ .

2. Капиллярная влагоёмкость почвы ( $V_k$ ) - влажность почвы после капиллярного насыщения. Она равна частному от деления массы воды в почве патрона после насыщения на массу абсолютно сухой почвы, выраженную в процентах.

$$V_k = \frac{A_2 - A_3}{A_3 - A_1} \cdot 100\%$$

3. Массу абсолютно сухой почвы в патроне ( $B_3$ ) определяют, исходя из определения влажности в бюксах, г.

$$B_3 = \frac{(B_2 - B) \cdot (A_3 - A_1)}{A_2 - A_1}$$

4. Объём капиллярных пор ( $V_3$ ) равен массе воды в почве после её насыщения ( $B_4$ ), г.

$$B_4 = B_2 - B_3 - B.$$

В процентах  $B_3 = \frac{(B_2 - B) \cdot (A_3 - A_1)}{A_2 - A_1}$

$$V_3 = \frac{B_4}{V} \cdot 100, \%$$

5. Объём твёрдой фазы почвы  $V_1 = \frac{B_3}{d}$ ,

где  $B_3$  - масса абсолютно сухой почвы в патроне;  $d$  - удельная масса исследуемой почвы.

6. Общая пористость  $V_2 = V - V_1$  в  $\text{см}^3$ . В процентах

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

7. Если известен объём для твёрдой фазы в процентах, то

$$V_2 = 100 - V_1 \%$$

8. Некапиллярная пористость ( $V_4$ ) находится как разность между общей и капиллярной в  $\text{см}^3$  или процентах.

9. Объёмная масса почвы определяется по формуле:

$$d_0 = \frac{B_3}{V},$$

где  $V$  - объём патрона.

10. Влажность почвы при отборе образца

$$B_0 = \frac{(B_1 - B) - B_3}{B_3} \cdot 100\%$$

11. Степень аэрации почвы, т.е. доля пор, занятых воздухом при отборе образца (значение  $V_2$  берётся в  $\text{см}^3$ )

$$V_a = \frac{V_2 - (B_1 - B - B_3)}{V_2} \cdot 100\%$$

12. Степень насыщения почвы водой – это доля пор, занятых водой при отборе пробы.

$$V_n = \frac{B_1 - B - B_3}{V_2} \cdot 100\%$$

или находят как разность  $100\% - V_a$ .

13. Запас воды в изучаемом слое почвы, мм/га или  $\text{м}^3/\text{га}$

$$W_0 = \frac{B_0 \cdot d_0 \cdot H}{10}$$

где  $H$  - мощность изучаемого слоя почвы, см;

$d_0$  - объёмная масса почвы;

$B_0$  - влажность почвы при отборе образца.

#### **Задание 4 а - Определение строения пахотного слоя методом насыщения в цилиндрах**

**Цель задания** – научиться определять и рассчитывать, какая часть объема почвы занята порами и каково соотношение между капиллярной и некапиллярной скважностью.

**Приборы и оборудование:** фарфоровые чашки; шпатели; ящик с почвой; ступка с пестиком; технические весы; бюксы; цилиндры; фильтровальная бумага.

#### **Методика выполнения задания**

Определение строения пахотного слоя ведется в почве с ненарушенным строением. **Искусственный пахотный слой создан в лаборатории в ящике.**

Взвесить цилиндры и записать их номера и массу в тетрадь. Замерить и записать объемы цилиндров. Этими цилиндрами взять образцы рыхлой и плотной почвы из ящика. С помощью ножа или лопатки вынуть цилиндр. Тщательно очистить наружные стенки цилиндра от почвы и обрезать почву снизу. Закрыть цилиндр в нижней его части фильтром и слоем марли, взвесить.

Поставить цилиндры в ванночку для капиллярного насыщения почвы. Окончание насыщения определяется по изменению окраски почвы в верхней части цилиндра. Продолжительность насыщения для высокогумусных почв не должна превышать 2-3 суток. Затем взять цилиндр с насыщенной почвой и

взвесить. Вычислить массу насыщенную почву в цилиндре. Насыщенную почву из цилиндра перенести в фарфоровую чашку, перемешать. Взять среднюю пробу во взвешенный бюкс. Почву высушить до абсолютно-сухого состояния в сушильном шкафу. После охлаждения бюкс взвесить и рассчитать капиллярную влагоемкость. Расчеты произвести по следующей форме.

Место взятия пробы \_\_\_\_\_  
Почва \_\_\_\_\_

Таблица 4 - Расчеты параметров строения пахотного слоя

| Показатель   | Почва  |                  |
|--|--------|------------------|
|  | рыхлая | уплот-<br>ненная |
| 1.Объем образца почвы в цилиндре, см <sup>3</sup>                      |        |                  |
| Диаметр цилиндра, мм; высота, мм                                       |        |                  |
| 2.Масса цилиндра (с марлей) № _____, г                                 |        |                  |
| 3.Масса цилиндра (с почвой), г   |        |                  |
| 4.Масса почвы до насыщения (3-2), г                                    |        |                  |
| 5.Масса цилиндра с почвой после насыщения, г                           |        |                  |
| 6.Масса насыщенной почвы (5-2)   |        |                  |
| а) масса бюкса с насыщенной почвой, г                                  |        |                  |
| б) масса бюкса № _____ пустого, г                                      |        |                  |
| в) масса бюкса с почвой после высушивания, г                           |        |                  |
| г) масса насыщенной почвы (а-б), г                                     |        |                  |
| д) масса абсолютно сухой почвы (в-б), г                                |        |                  |
| е) масса воды в насыщенной почве (г-д), г                              |        |                  |
| ж) капиллярная влагоемкость ( $e \cdot 100$ ) : д, %                   |        |                  |
| 7.Масса абсолютно сухой почвы в цилиндре ( $6 \cdot д$ ) : г, г        |        |                  |
| 8.Масса воды в почве до насыщения (4-7), г                             |        |                  |
| 9.Влажность почвы до насыщения ( $8 \cdot 100$ ) : г, %                |        |                  |
| 10.Объем твердой фазы почвы (7 : уд.масса), см <sup>3</sup>            |        |                  |
| 11.Скважность общая (1-10), см <sup>3</sup>                            |        |                  |
| 12.Скважность капиллярная (6-7), см <sup>3</sup>                       |        |                  |
| 13.Скважность некапиллярная (11-12), см <sup>3</sup>                   |        |                  |
| 14.Скважность общая ( $11 \cdot 100$ ) : графа 1, %                    |        |                  |
| 15.Скважность капиллярная ( $12 \cdot 100$ ) : 1, %                    |        |                  |
| 16.Скважность некапиллярная ( $13 \cdot 100$ ) : 1, %                  |        |                  |
| 17.Объем воздуха в почве до насыщения ( $11 - 8$ ), см <sup>3</sup>    |        |                  |
| 18.Аэрация ( $17 \cdot 100$ ) : 1, %                                   |        |                  |
| 19.Степень насыщения почвы влагой ( $8 \cdot 100$ ) : 11, %            |        |                  |
| 20.Отношение некапиллярной скважности к общей ( $13 \cdot 100$ ):11, % |        |                  |
| 21.Отношение капиллярной скважности к общей ( $12 \cdot 100$ ) : 11, % |        |                  |
| 22.Объемная масса (7 : 1), г/см <sup>3</sup>                           |        |                  |

## Задание 5. Определение объемной массы почвы

Приборы и оборудование те же, что при определении строения пахотного слоя.

**Объёмной массой называется масса 1 см<sup>3</sup> абсолютно сухой почвы в естественном сложении.** Она характеризует взаимное расположение частиц и агрегатов, так называемое сложение почвы (рыхлое, плотное). Величина плотности почвы зависит от минералогического и гранулометрического состава, содержания гумуса, структурного состояния почвы.

Для определения объемной массы в полевых условиях используют цилиндры-буры различной конструкции и объема, предназначенные для отбора образцов с ненарушенным сложением.

С помощью цилиндра отбирают пробу с определенного слоя почвы в 3-4-кратной повторности. Затем очищают цилиндры от почвы, выравнивают края, взвешивают, после чего отбирают пробу в бюксы для определения влажности почвы.

Расчёты производят в следующем порядке:

1. Объём цилиндра или образца почвы в нём равен

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

где  $\pi = 3,14$ ;

$r$  - радиус цилиндра, см;

$h$  - глубина погружения в почву, см.

2. Влажность почвы в цилиндре находят по формуле

$$W_0 = \frac{B_2 - B_3}{B_3 - B_1} \cdot 100\%$$

или

$$W_0 = \frac{a}{b} \cdot 100\%$$

где  $W_0$  - влажность, %;

$B_1$  - масса пустого бюкса, г;

$B_2$  - масса бюкса с почвой до сушки, г;

$B_3$  - масса бюкса с почвой после сушки;

$a$  - масса воды, г;

$b$  - абсолютно сухая почва в бюксе, г.

3. Массу абсолютно сухой почвы в цилиндре находят по пропорции

$$D = \frac{(B_2 - B_1) \cdot C}{B_3 - B_1}$$

где С - масса сырой почвы в цилиндре, г;  
 (В<sub>2</sub> – В<sub>1</sub>) - масса абсолютно сухой почвы в бюксе, г;  
 (В<sub>3</sub>- В<sub>1</sub>) - масса сырой почвы в бюксе, г.

4. Объёмная масса почвы, г/см<sup>3</sup>

$$d_0 = \frac{D}{V}$$

где Д - масса абсолютно сухой почвы в цилиндре;

V – объем цилиндра или образца почвы в нем.

В лабораторных условиях определяют объёмную массу почвы с нарушенным сложением. Для этого в пикнометр помещается исследуемая почва до метки, слегка уплотняется потряхиванием до указанного объёма (50, 100, 200 мм).

Все расчёты проводятся, как указано выше, при отборе почвы в полевых условиях. Необходимо учесть, что почва берётся в нарушенном сложении, пикнометрический метод относителен.

#### Для самостоятельной работы

Рассчитать объёмную массу почвы по двум вариантам: 1. Вспашка, Пшеница по кукурузе, 2. Без обработки почвы, Пшеница по кукурузе (в трехкратной повторности). Объем цилиндра – 95,0 см<sup>3</sup>.

| Вариант                      | Повторность | Показатели                 |                |                     |                       | d <sub>0</sub> |
|------------------------------|-------------|----------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|----------------|
|                              |             | Вес патрона с сырой почвой | С сухой почвой | Вес пустого патрона | Абсолютно сухая почва |                |
| <b>Слой почвы 0-10 см</b>    |             |                            |                |                     |                       |                |
| Вспашка –Пшеница по кукурузе | I           | 189,67                     | 161,41         | 57,81               |                       |                |
|                              | II          | 187,48                     | 150,40         | 57,20               |                       |                |
|                              | III         | 187,87                     | 160,49         | 57,32               |                       |                |
| <b>10- 20 см</b>             |             |                            |                |                     |                       |                |
|                              | I           | 206,69                     | 174,59         | 56,27               |                       |                |
|                              | II          | 207,33                     | 174,24         | 55,89               |                       |                |
|                              | III         | 203,71                     | 171,95         | 56,40               |                       |                |
| <b>20-30 см</b>              |             |                            |                |                     |                       |                |
|                              | I           | 201,86                     | 172,76         | 57,50               |                       |                |
|                              | II          | 198,05                     | 168,11         | 57,58               |                       |                |
|                              | III         | 201,30                     | 165,27         | 55,99               |                       |                |
| Среднее: 0-10 см             |             |                            |                |                     |                       |                |
| 10-20 см                     |             |                            |                |                     |                       |                |
| 20-30 см                     |             |                            |                |                     |                       |                |
| <b>0-30 см</b>               |             |                            |                |                     |                       |                |
|                              |             |                            |                |                     |                       |                |

| Слой почвы 0-10 см                        |     |        |        |       |  |  |
|---|-----|--------|--------|-------|--|--|
| Без обработки почвы – Пшеница по кукурузе | I   | 180,67 | 150,41 | 56,54 |  |  |
|   | II  | 169,93 | 140,95 | 50,79 |  |  |
|   | III | 170,02 | 142,92 | 56,92 |  |  |
| 10-20 см                                  |     |        |        |       |  |  |
|   | I   | 186,91 | 155,79 | 56,09 |  |  |
|   | II  | 191,44 | 158,82 | 56,82 |  |  |
|   | III | 192,40 | 160,35 | 58,28 |  |  |
| 20-30 см                                  |     |        |        |       |  |  |
|   | I   | 185,60 | 153,36 | 50,16 |  |  |
|   | II  | 195,27 | 162,31 | 57,73 |  |  |
|   | III | 188,57 | 156,60 | 55,88 |  |  |
| Среднее: 0-10 см                          |     |        |        |       |  |  |
| 10-20 см                                  |     |        |        |       |  |  |
| 20-30 см                                  |     |        |        |       |  |  |
| <b>0-30 см</b>                            |     |        |        |       |  |  |

Обработкой почвы можно регулировать объем пор, а тем самым изменять плотность почвы. Сделайте вывод и оцените плотность почвы по данным вариантам опыта.

**Вывод:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

| Плотность, г/см <sup>3</sup> | Оценка  |
|------------------------------|---|
| < 1,0                        | Почва вспушена или богата органическим веществом                |
| 1,0...1,1                    | Свежевспаханная почва   |
| 1,2...1,3                    | Пашня уплотнена   |
| 1,3...1,4                    | Пашня сильно уплотнена  |
| 1,4...1,6                    | Типичное значение для подпахотных горизонтов (кроме черноземов) |
| 1,6...1,8                    | Сильно уплотненные иллювиальные горизонты                       |

## Задание 6. Определение удельной массы (плотности) твёрдой фазы почвы

Приборы и оборудование: пикнометры объёмом 50 - 100 см<sup>3</sup>, сито с диаметром отверстий 1 мм, фарфоровая ступка с пестиком, весы аналитические, эксикатор-вакуум, насос водоструйный или масляный, фильтровальная бумага, сушильный шкаф, бюксы, часы.

Эта величина представляет собой массу 1 см<sup>3</sup> твёрдой фазы почвы и характеризует её гранулометрический, минералогический состав и зависит от наличия гумуса в почве. Определяется пикнометрическим методом.

Воздушно-сухую почву просеивают через сито диаметром 1 мм, берут две пробы по 10 г, одну из которых помещают в пикнометр, другую в бюкс для определения влажности и абсолютно сухой почвы в пробе.

Массу абсолютно-сухой почвы в пикнометре определяют по формуле:

$$V = \frac{V_3 \cdot V_2}{V_1},$$

где  $V_1$  - масса почвы в бюксе до высушивания, г;

$V_2$  - после высушивания, г;

$V_3$  - масса почвы в пикнометре.

Пикнометр с почвой взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г, затем в него приливают дистиллированной воды (до 1/3 объёма) и осторожно кипятят на песочной бане, не допуская разбрызгивания, до полного удаления пузырьков воздуха (примерно 30-40 мин).

После кипячения доливают охлаждённой кипячёной дистиллированной воды до метки и охлаждают до комнатной температуры. Растительные остатки удаляют жгутиком из фильтровальной бумаги, доливая до метки водой, вытирают насухо.

Пикнометр взвешивают, освобождают от содержимого, заполняют дистиллированной водой до метки, обтирают и снова взвешивают.

### Расчёты

Исходя из того, что масса равна произведению объёма его на плотность ( $V = d \cdot y$ ), находим по формуле плотность в г/см<sup>3</sup>;

$$d = \frac{V}{(V_B + V) - V_{пв}};$$

где  $V$  - масса абсолютно сухой почвы в пикнометре;

$V_{пв}$  - масса пикнометра с водой и почвой;

$V_B$  - масса пикнометра с водой;

$V$  знаменателе дана масса воды, численно равная объёму твёрдой фазы почвы в пикнометре, т.к. 1 см<sup>3</sup> воды весит 1 г при 4° С.

Для засоленных почв метод не пригоден, применяют инертные жидкости (бензол, толуол).

## Задание 7. Общая пористость почвы

Общая порозность (пористость, скважность) представляет совокупность всех промежутков (пор) между почвенными частицами (агрегатами). Она имеет огромное значение, т.к. в порах размещается вода, воздух, микроорганизмы. От количества и размера пор зависит соотношение жидкой и газообразной фаз почвы, а также водные, тепловые, воздушные свойства и круговорот химических элементов:

$$P_{\text{общ.}} = (1 - U_T) \cdot 100$$

где  $P_{\text{общ.}}$  – общая порозность, %,

1 – общий объем почвы;

$U_T$  – объем твердой фазы почвы.

Поскольку величина плотности твердой фазы  $U$  может быть определена как отношение объемной плотности (массы) к плотности твердой фазы (удельная масса почвы). то

$$P_{\text{общ.}} = (1 - \frac{d_0}{d}) \cdot 100\%,$$

где  $d_0$  - объёмная масса почвы;

$d$  - удельная масса.

Наиболее высокая, и при этом стабильная во времени, порозность отмечается в верхних слоях высокогумусированных чернозёмов. Неудовлетворительная она в почвах бесструктурных, малогумусных. Показатели порозности можно использовать для агротехнической оценки почв (табл. 5).

Таблица 5 - Ориентировочные значения пористости, необходимой для обеспечения оптимальных физических условий в почвах, % от общего объёма почвы

| Почва  | Общая пористость | Пористость аэрации | Пористость агрегатов > 1 мм | Поры < 0,003 мм |
|--|------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1. Гумусовые * и пахотные горизонты суглинистых и глинистых почв | 55-65            | >20                | >35                         | ≤20             |
| 2. Безгумусные (подпахотные) горизонты тех же почв               | 40-50            | >10                |                             | ≤10             |
| 3. Гумусовые горизонты (пахотные горизонты) песчаных почв        | 45-50            | >30                |                             |                 |

Таблица 6 – Оценка пористости почв (по Н.А. Качинскому)

| Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и глинистых почв, % | Качественная оценка пористости  |
|---|---|
| > 70  | Почва вспушена – избыточно пористая                                   |
| 65 -55  | Культурный пахотный слой - отличная                                   |
| 55 - 50   | Удовлетворительная для пахотного слоя                                 |
| < 50  | Неудовлетворительная для пахотного слоя                               |
| 40 - 25   | Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов – чрезмерно низкая |

### Контрольные вопросы

1. Что понимается под строением пахотного слоя почвы?
2. Методы определения.
3. Значение оптимального строения почвы для различных почв и растений.
4. Что такое пористость, методы определения.
5. Способы регулирования строения пахотного слоя почвы в земледелии.
6. Объёмная масса почвы как основной регулятор плодородия почвы.
7. Удельная масса твёрдой фазы почвы, методы определения.
8. Приёмы улучшения физических свойств почвы.

## РАЗДЕЛ 2

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Совокупность поступления воды, воздуха и тепла, их передвижения, потерь из почвы и изменений характеризуется водными, воздушными, тепловыми свойствами почвы.

Почвенная влага является одним из важных факторов почвенного плодородия и жизни растений. Накопление и сохранение влаги в почве - одна из главных задач земледелия в лесостепной и степной части края. Способность почвы к устойчивому обеспечению растений водой зависит от агрофизических факторов плодородия. Это определяется водными свойствами почвы, такими, как водоподъёмная и водоудерживающая способности, влагоёмкость, водопроницаемость и испаряющая способность.

#### Задание 8. Определение влажности почвы и оценка запасов влаги в почве

**Приборы и оборудование:** почвенные буры, бюксы, сушильный шкаф, весы электрические, чистики.

Почвенная влага - вода, находящаяся в почве и выделяющаяся высушиванием почвы при температуре 105°C до постоянной массы (ГОСТ

27593-88).

Влажность почвы - это общее количество воды, содержащееся в почве, которое вычисляется к массе абсолютно-сухой почвы, выраженное в процентах.

Определение влажности почвы проводят термостатно-весовым методом. В полевых условиях выделяют площадку, типичную для данного участка, и с помощью специального почвенного бура отбирают почвенные пробы в металлические стаканчики (бюксы) послойно через каждые 10 см до глубины 1 м или более, в зависимости от задачи исследований.

Бюксы с почвой доставляют в лабораторию, взвешивают и ставят в термостат (сушильный шкаф) на 6-8 ч для высушивания при  $t = 105^{\circ} \text{C}$ . Влажность почвы вычисляют по формуле:

$$W_0 = \frac{B_1 - B_2}{B_2 - B} \cdot 100\%$$

Где  $B$  - масса пустого бюкса, г;

$B_1$  - масса бюкса с почвой до высушивания, г;

$B_2$  - масса бюкса с почвой после высушивания, г.

Существуют другие методы определения влажности почвы: ускоренный на приборе К.Н. Чижовой, нейтронный метод с помощью прибора НИВ-1, разработанного сотрудниками ВНИИГИМА под руководством В.А. Емельянова, органолептический.

Вода в почве удерживается с различной силой, характеризуется неодинаковой подвижностью и обладает разными свойствами. Выделяют основные категории почвенной влаги, различающиеся между собой прочностью связи с твёрдой фазой почвы и степенью подвижности.

Принято различать следующие категории влаги: прочносвязанная, рыхлосвязанная и свободная.

В качестве исходного критерия влагообеспеченности посевов используются запасы продуктивной влаги. Для определения запасов продуктивной влаги необходимо знать общие запасы влаги и количество непродуктивной влаги, разница между ними соответствует запасам продуктивной влаги. Для расчётов необходимо знать почвенно-гидрологические константы, которые определяются плодородием почвы и практически не зависят от возделываемых культур.

Почвенно-гидрологическая константа - относительная влажность почвы, свойственная определённым категориям и формам влаги (табл. 7).

**Верхний предел** - это величина наименьшей полевой влагоемкости (НВ).

Выражается она количеством воды, удерживаемой почвой в виде гравитационной влаги. На хорошо дренированных почвах это наступает через 2-3 дня после прохождения дождя или проведения орошения. Величина верхнего предела содержания влаги в почвах - это и есть оптимальные условия развития растений.

Таблица 7 - Формы воды в почвах и их доступность растениям

| Форма воды  | Доступность воды растениям  | Способ передвижения                                    |
|---|---|--|
| <i>Продуктивная влага:</i><br>Величина: от полной влагоемкости (ПВ) до наименьшей (НВ)  |   |  |
| Гравитационная и капиллярно-гравитационная  | Легкодоступная.<br>Избыток обуславливает недостаток воздуха.<br>Малопродуктивна | Передвигается в жидком виде под действием силы тяжести |
| Величина: от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капиллярной связи (НВ-ВРК)  |   |  |
| Капиллярная   | Легкодоступная  | Передвигается по капиллярам и пленкам                  |
| Величина: от влажности разрыва капиллярной связи до влажности завядания (ВРК-ВЗ)  |   |  |
| Пленочная   | Труднодоступная   | Передвигается по пленкам вокруг почвенных частиц       |
| <i>Непродуктивная влага:</i><br>Величина: от влажности завядания (ВЗ) - до максимальной адсорбционной влагоемкости (ВЗ - МАВ) |   |  |
| Пленочно Гигроскопическая   | Недоступная   | Передвигается в виде пара                              |
| Величина: от максимальной адсорбционной влагоемкости до химически связанной влаги (сухая почва)                               |   |  |
| Гигроскопическая и химически связанная  | Недоступная   | Передвигается в виде пара и неподвижна                 |

Нижний предел - соответствует величине *влажности завядания* (ВЗ), при которой растения начинают завядать, а, следовательно, и не могут продолжать рост и развитие.

Нормальный рост и развитие растений определяется условиями почвенного климата, который зависит от климата атмосферы на данной территории. Однако в почвах часто наблюдаются локальные явления, ограничивающие оптимальное использование воды растениями. Это может быть обусловлено образованием уплотненных поверхностных корок, потерей воды при возникновении провальной инфильтрации, при интенсивном физическом испарении, при усилении процессов засоления. Причинами нарушения нормальной водообеспеченности растений могут быть и такие явления, как подъем к поверхности грунтовых вод, малое содержание доступной влаги; водный стресс растений, небольшая мощность рыхлой почвенной толщи: скелетность (щебнистость) почв. Нормальная водообеспеченность может снизиться до величины завядания растений, когда количество воды в почве настолько мало, что растения начинают завядать. Эта величина влаги в почвах получила название «*влажности завядания*».

С агрономической точки зрения, почвенно-гидрологические константы выражают степень доступности растениям почвенной влаги, состояние водного режима.

МАВ (максимальная адсорбционная влагоёмкость) - наибольшее количество прочносвязанной воды, удерживаемое силами адсорбции. Влага, недоступная растениям.

МГ (максимальная гигроскопичность) - наибольшее количество воды, которое почва может сорбировать из воздуха, насыщенного водяным паром (94 % относительной влажности воздуха). Влага, недоступная растениям.

ВЗ (влажность устойчивого завядания растений) - влажность почвы, при которой растения начинают обнаруживать признаки завядания, не исчезающие при пребывании их в атмосфере, насыщенной водяными парами. Нижний предел доступности растениям влаги.

ВРК (влажность разрыва капиллярной связи) - влажность почвы, при которой резко замедляется передвижение подвешенной влаги к поверхности испарения, находится в интервале между НВ и ВЗ. Влага, доступная растениям.

НВ (наименьшая влагоёмкость), или ППВ (предельная полевая влагоёмкость) - максимальное количество капиллярно- подвешенной влаги, или наибольшее количество влаги, которое длительное время удерживается в почве после стекания гравитационной влаги. Влага, легкоподвижная и доступная растениям.

ПВ (предельная влагоёмкость, или водовместимость) - наибольшее количество воды, которое может содержаться в почве при заполнении всех пор. Вода доступна для растений.

Для выщелоченного чернозёма среднегумусного (6-9 % гумуса), тяжелосуглинистого гранулометрического состава с ёмкостью поглощения 41-62 мг-экв. на 100 г почвы, рН вытяжки 6,5-7,5 почвенно- гидрологические константы приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Почвенно-гидрологические константы выщелоченного чернозёма, % от массы сухой почвы (А.И. Новикова)

| Г лубина, см | Наименование показателей |      |      |       |      |
|--------------|--------------------------|------|------|-------|------|
|              | ВЗ                       | НВ   | ВРК  | ПВ    | ДАВ  |
| 0-10         | 13,4                     | 42,5 | 33,0 | 67,8  | 29,1 |
| 10-20        | 13,1                     | 41,6 | 32,8 | 65,4, | 28,4 |
| 20-30        | 12,7                     | 36,6 | 28,3 | 53,7  | 23,9 |
| 30-40        | 12,0                     | 33,6 | 23,5 | 49,4  | 21,6 |
| 40-50        | 11,1                     | 30,7 | 23,2 | 47,5  | 19,6 |
| 50-60        | 11,4                     | 29,9 | 22,2 | 41,0  | 18,4 |
| 60-70        | 11,2                     | 29,3 | 22,5 | 40,9  | 18,1 |

|                     |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| 70-80               | 10,9 | 28,7 | 22,7 | 40,6 | 17,8 |
| 80-90               | 11,5 | 29,6 | 22,8 | 41,3 | 18,0 |
| 90-100              | 12,3 | 29,6 | 22,6 | 40,1 | 17,2 |
| В метровом слое, мм | 141  | 371  | 281  | -    | -    |

\* Диапазон активной влаги (ДАВ) характеризует запас продуктивной, доступной для растений воды.

На основании данных таблицы 8 можно заключить, что для пахотного слоя (0-30 см) полевая предельная влагоёмкость (НВ) составляет 40,2 % к массе почвы, ВРК в пахотном слое изменяется в пределах 28,3-33 % к объёму почвы, ВЗ - 13,0 % к массе почвы.

Общие запасы влаги в определённом слое почвы рассчитывают в тоннах (м<sup>3</sup>) или миллиметрах по формуле (W<sub>0</sub>):

$$W_0 = B_0 * d_0 * H, \text{ м}^3$$

где B<sub>0</sub> - влажность почвы для данного слоя, %;

d<sub>0</sub> - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

H - толщина слоя, см.

Чтобы представить полученные данные в мм, результат в м<sup>3</sup> делят на коэффициент 10.

Таким же образом находят запасы недоступной влаги в том же слое, но в качестве значения (B<sub>0</sub>) берётся влажность завядания из таблицы (B<sub>вз</sub>).

Запасы продуктивной влаги для указанного слоя находят по разности W<sub>0</sub> - B<sub>вз</sub>, или W<sub>0</sub> - W<sub>М</sub>, где

$$W_M - \text{мёртвый запас влаги} = \frac{B_{вз} * d_0 * H}{10},$$

Запасы в метровом слое почвы находят как суммарную величину в каждом изучаемом слое.

Таблица 9 - Оценка запасов продуктивной влаги, мм (по Вадюниной и Корчагиной)

| Запасы влаги         | Слой почвы, см |           |
|----------------------|----------------|-----------|
|                      | 0-20           | 0-100     |
| Очень хорошие        | Более 40       | Более 160 |
| Хорошие              | 40             | 160-130   |
| Удовлетворительные   | 20-40          | 130-90    |
| Неудовлетворительные | 20             | 90-60     |
| Плохие               | Менее 20       | Менее 60  |

Зная запасы влаги в почве в начале и в конце вегетации, количество выпавших осадков за этот период, можно рассчитать суммарное водопотребление, а также потребность растений в поливе и т.д.

Таблица 10 - Форма записи данных и расчётов

| Слой почвы, см | № бюкса | Масса, г      |                      |                      |                       | Влажность почвы, % | Плотность почвы, г/см <sup>3</sup> | Запасы влаги, мм | Продуктивная влага, мм |
|----------------|---------|---------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|
|                |         | пустого бюкса | бюкса с сырой почвой | бюкса с сухой почвой | абсолютно сухой почвы |                    |                                    |                  |                        |
| 0-10           |         |               |                      |                      |                       |                    |                                    |                  |                        |
| 10-20          |         |               |                      |                      |                       |                    |                                    |                  |                        |
| и т.д.         |         |               |                      |                      |                       |                    |                                    |                  |                        |

Вывод: дать оценку запасов продуктивной влаги, используя табл. 9.

### Задание 9. Определение водопроницаемости, фильтрационной и водоподъёмной способности почв

Водопроницаемость почвы - способность её впитывать и пропускать через себя воду в более глубокие слои. Благодаря этому свойству почва поглощает выпадающие осадки, происходит промачивание нижележащих слоев.

Впитывание и фильтрация воды в значительной мере зависят от гранулометрического состава, влажности, структуры и плотности почвы, строения пахотного слоя. Лёгкие по гранулометрическому составу почвы хорошо фильтруют воду, но плохо её удерживают. В структурную почву вода беспрепятственно просачивается по крупным порам между агрегатами и хорошо впитывается ими. На бесструктурных глинистых почвах вода плохо фильтруется и впитывается, после обильных дождей она застаивается на поверхности почвы, часто наблюдается поверхностный сток воды.

Передвижение воды в почвогрунтах может происходить под влиянием различных физических факторов: градиента плоскости, влажности, температуры, упругости пара.

Для определения водопроницаемости почвы в полевых условиях наиболее часто применяют метод рам (заливаемых площадок), трубок, лизиметрический метод. В последнее время предложен ряд приборов для этих целей (ПВН-00, прибор Васильева - Доспехова и др.).

В лабораторных условиях работу по водопроницаемости и фильтрации ведут одновременно с определением водоподъёмной способности почвы.

Водоподъёмность - это способность почвы поднимать по своим капиллярам воду из нижних горизонтов в верхние. Чем больше капилляров и меньше их диаметр, тем сильнее водоподъёмность почвы. В глинистых и

суглинистых почвах вода поднимается выше, чем в песчаных, но медленнее. В песчаных же почвах вода поднимается быстрее, но высота подъёма сравнительно ниже.

Скорость подъёма воды зависит от размера пор: по крупнопористым капиллярам она поднимается быстрее, но на меньшую высоту, чем по мелкопористым. При залегании грунтовых вод на глубине 2-5 м вода способна подниматься по капиллярам до поверхности почвы и, испаряясь в атмосферу, передвигаться непрерывно.

### Методика определения

Определение водопроницаемости, фильтрации и водоподъёмной способности почвы в лабораторных условиях проводится с насыпными образцами. Студент индивидуально работает с определённой фракцией почвы (по указанию преподавателя).

Используются две стеклянные трубки высотой 30-35 см, одна для определения водопроницаемости и фильтрации, другая - водоподъёмной способности. Нижний конец каждой трубки обвязывают марлей, предварительно положив кружок фильтровальной бумаги. На наружную сторону трубки наклеивают полоску миллиметровой бумаги для последующих измерений. Трубки заполняют почвой почти до верха, оставив 5-6 см от верхнего края. Плотность почвы по всему объёму трубки должна быть равномерной, поэтому почву в трубку загружают послойно (по 2-3 см), уплотняя постукиванием трубки о ладонь.

Трубку для водопроницаемости и фильтрации укрепляют на штативе, подставляют мерный цилиндр с воронкой.

Сверху почву накрывают фильтровальной бумагой для предотвращения размывания комочков. Воду подают сверху, сохраняя постоянный напор при высоте столба жидкости в 5 см.

После подачи воды в трубку записывают время начала впитывания, а затем глубину промачивания. Рассчитывается скорость водопроницаемости (начальная, средняя, конечная).

Находят коэффициент (скорость) фильтрации по формуле:

$$K = \frac{Q}{S \cdot t},$$

где Q - количество фильтрата (постоянное за 5 мин), мл;

S - площадь сечения трубки, см<sup>2</sup>;

t - время, мин.

Появление первой капли фильтрата в нижней части трубки следует считать окончанием процесса впитывания и началом фильтрации. Количество фильтрата измеряется за каждые 5 мин до получения трёх одинаковых значений.

Водоподъёмную способность почвы определяют, используя другую трубку, под неё ставится чашка с водой, так, чтобы трубка с почвой погрузилась в воду на 1 см (эта площадь при расчёте не учитывается).

Как только трубка будет опущена в воду, замечают время. Через каждые 5 мин отмечают высоту смачивания почвы.

Форма записи капиллярного подъёма воды в трубке такая же, как при определении водопроницаемости. Строятся графики водопроницаемости и водоподъёмной способности почвы. На оси ординат откладывают величины глубины промачивания (нарастающим итогом) в мм, а по оси абсцисс - время в минутах.

Оценка водопроницаемости почвы даётся по табл. 12.

Таблица 11 - Форма записи наблюдений по водопроницаемости почвы

| Отсчёты | Время |     | Глубина промачивания, мм |                    | Скорость водопроницаемости, мм/мин |
|---------|-------|-----|--------------------------|--------------------|------------------------------------|
|         | час   | мин | нарастающим<br>итогом    | за каждые<br>5 мин |                                    |
| 1       |       |     |                          |                    |                                    |
| 2       |       |     |                          |                    |                                    |
| 3       |       |     |                          |                    |                                    |
| и т.д.  |       |     |                          |                    |                                    |

Форма записи

| Отсчёты  | Время |     | Количество фильтрата, мм |                    | Коэффициент фильтрации |
|----------|-------|-----|--------------------------|--------------------|------------------------|
|          | ч     | мин | нарастающим<br>итогом    | за каждые<br>5 мин |                        |
| 1        |       |     |                          |                    |                        |
| 2 и т.д. |       |     |                          |                    |                        |

Таблица 12 - Водопроницаемость тяжёлых почв при напоре воды 5 см и температуре 10°C

| В первый час | Оценка               | Примечание   |
|--------------|----------------------|--|
| >1000        | Провальная           | Качество водопроницаемости почвы тем лучше, чем более она однородна на поверхности поля и чем более постоянна во времени |
| 1000-500     | Излишне высокая      |  |
| 500-100      | Наилучшая            |  |
| 100-70       | Хорошая              |  |
| 70-30        | Удовлетворительная   |  |
| <30          | Неудовлетворительная |  |

### Контрольные вопросы

1. Какие свойства почвы относятся к водно-физическим?
2. Что понимается под водопроницаемостью и фильтрацией?
3. Водоподъёмная способность почвы. Положительные и отрицательные моменты этого фактора.

4. Почвенно-гидрологические константы, степень доступности растениям.
5. Какие факторы определяют водно-физические свойства почвы?
6. Регулирование их в земледелии.
7. Указать оптимальные параметры водно-физических свойств для различных почв края.

### Методы определения воздушных свойств почвы

Для почв с хорошими агрофизическими свойствами характерны оптимальные воздушные (агрофизические) свойства: воздухоёмкость, воздухопроницаемость, газообмен между почвой и атмосферой, которые определяют качественный и количественный состав воздуха.

#### Задание 10. Воздухоёмкость почвы

Объём почвенных пор, занятых воздухом при оптимальном насыщении водой (предельная полевая влагоёмкость), называется воздухоёмкостью. Её определяют одновременно с объёмной массой (сложением или строением) почвы и выражают в процентах от общего объёма пор.

Воздухоёмкость почвы тесно связана с генетическими свойствами почвы (гумус, механический состав), оструктуренностью, сложением, степенью увлажнения в данный момент.

Для нормального роста и развития сельскохозяйственных растений необходима воздухоёмкость не менее 10-20 %, причём, если для многолетних трав достаточно нижнего предела её, то для пропашных культур она должна быть наивысшей.

В полевых условиях воздухоёмкость находят по методике определения объёмной массы, когда почва отбирается с помощью бура-цилиндра с ненарушенным сложением, находят массу сырой почвы, абсолютно сухой, влажность ( $V_0$ ) рассчитывают так:

1. Общая пористость:  $Y_0 = \frac{d-d_0}{d} \cdot 100\%$ ,

где  $d$  - удельная масса (плотность), г/см<sup>3</sup>;

$d_0$  - объёмная масса, г/см<sup>3</sup>.

2. Объём пор, занятых водой:  $Y_B = V_0 \cdot d_0$

3. Воздухоёмкость почвы:  $Y = Y_0 - Y_B$

Воздухоёмкость рассчитывается и по результатам анализа строения (сложения) и объёмной массы почвы.

## РАЗДЕЛ 3

### ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ, ИЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Качество обработки почвы во многом зависит от технологического состояния пашни, определяемого физико-механическими свойствами почвы, увлажнением полей.

К физико-механическим свойствам почвы относятся: связность, твёрдость, удельное сопротивление, липкость, физическая (технологическая) спелость почвы и др. Они тесно связаны с гранулометрическим составом, наличием гумуса, оструктуренностью почвы, составом обменных оснований ( $C_a$  или  $Na$ ) и проявляются при определённой степени увлажнения пахотного слоя почвы.

Липкость - способность почвы прилипать к рабочим частям почвообрабатывающих орудий. Она увеличивает тяговое сопротивление, ухудшает качество обработки.

Н.А. Качинский делит почвы по липкости на предельно вязкие ( $>15$  г/см<sup>2</sup>), сильно вязкие (5-15 г/см<sup>2</sup>), средние (2-5 г/см<sup>2</sup>) и слабо вязкие ( $<2$  г/см<sup>2</sup>).

В агрономической практике важнее знать нижний предел липкости, т.е. когда почва не прилипает, а хорошо крошится на мелкие комочки. Такое состояние почвы называют физической, или технологической спелостью, т.е. почва готова к обработке.

Влажность почвы, при которой она находится в состоянии спелости для различных почв, неодинакова.

Весной раньше всего теряют липкость и поспевают к обработке почвы лёгкого механического состава, богатые органическим веществом, хорошо оструктуренные.

#### **Задание 11. Определение липкости почвы**

Липкость определяется прибором Н.А. Качинского, представляющим собой весы, левая чашка которых заменена стержнем, оканчивающимся диском. На правой чашке помещён съёмный тигель. Стержень с диском уравновешен чашкой и тиглем с левой стороны.

#### **Ход анализа**

Для определения липкости берут навеску исследуемой почвы с заранее известной влажностью (воздушно-сухой), равную 105 г, помещают её в чашку, выравнивают поверхность и подводят под диск так, чтобы поверхность почвы и диска соприкасалась, не нарушая равновесия весов.

Для лучшего соприкосновения диска на него ставят гирю в 50 г на 1 мин, затем снимают её.

Убеждаемся, что воздушно-сухая почва не обладает свойством липкости.

Прилипает почва только при определенной влажности. Для этого почву увлажняем постепенно, добавляя по 10 мл воды, каждый раз хорошо перемешивая пробу почвы, полируя поверхность шпателем, подводят под диск,

соприкасают поверхность почвы с помощью гири, как указано выше. Когда диск прилипает к почве, в тигель осторожно насыпают песок до отрыва диска от поверхности увлажненной почвы. Песок взвешивают, масса песка равна силе прилипания почвы к диску. Поделив её на площадь диска, находят липкость в  $\text{г/см}^2$  при данной степени увлажнения.

Продолжая увеличивать влажность почвы (добавляя по 10 мл воды), отмечают силу прилипания при каждом добавлении воды. Достигнув максимальной липкости, фиксируют момент, когда сила прилипания снижается, т.к. приобретает свойства текучести. Наблюдения заканчивают.

После окончания работы и определения силы прилипания строится график липкости почвы, по оси ординат откладывается липкость в  $\text{г/см}^2$ , а по оси абсцисс - влажность почвы в %. Делается вывод.

Данные наблюдений липкости почвы записывают в следующую таблицу.

### Материалы и оборудование

1. Почва, различная по гранулометрическому составу и оструктуренности.
2. Весы Н.А. Качинского.
3. Колбы с водой, пипетки по 10 мл или мерные цилиндры.
4. Шпатели и линейки.

Таблица 13 – Определение липкости почвы

Почва \_\_\_\_\_ Площадь диска \_\_\_\_\_

| Масса воздушно-сухой почвы, г | Количество добавляемой влаги, мм | Влажность почвы, % | Масса песка, г | Липкость почвы, $\text{г/см}^2$ |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------------|---------------------------------|
| 105                           | 0                                | 5,0                |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 15                 |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 25                 |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 35                 |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 40                 |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 55                 |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 65                 |                |                                 |
| 105                           | 10                               | 75                 |                |                                 |
| и т.д.                        |                                  |                    |                |                                 |

### Контрольные вопросы

1. Что такое липкость почвы, какое значение она имеет при обработке почвы?
2. Зависимость липкости от влажности почвы.
3. Какие свойства почвы влияют на липкость?

4. Агротехнические приёмы, ускоряющие поспевание почв (физическую спелость).

5. Дать объяснение, в какие моменты осуществления технологий возделывания культур сталкиваются в практике с этим нежелательным явлением.

6. Объяснить, почему вредно обрабатывать почву даже при незначительной липкости.

7. В чём положительная роль скоростных обработок почвы?

8. Назвать приёмы окультуривания почв, улучшающие их технологические свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бекетова О.А., Полосина В.А., Ивченко В.К. Сорные растения земледельческой части Красноярского края: учебное пособие /О.А.Бекетова, В.А.Полосина, В.К.Ивченко; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021. – 204с.
2. Общее земледелие (Электронный ресурс): учебное пособие /А.А.Корчагин, М.А.Мазирев, И.М.Щукин; Владим. гос. университет им.А.Г. и Н.Г.Столетовых; Верхневолжский федер. аграр. науч. центр. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. – 193 с.
3. Ториков В.Е. Общее земледелие. Практикум: учебное пособие / В.Е.Ториков, О.В.Мельникова – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 204 с. – ISBN 978-5-8114-3553-1: Б.ц.
4. Мельникова О.В., Ториков В.Е. Обработка почвы, посев и посадка полевых культур. Монография. – 2-е изд., Изд-во Лань, 2023. – 242 с.
5. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. - М.: Агропромиздат, 1987.
6. Земледелие (учебник) / Под ред. А.И. Пупонина. - М.: Колос, 2000.
7. Качинский Н.А. Физика почвы. Ч. 1. - М.: Высш. шк., 1965. - 302 с.
8. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство). - Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. - 193 с.
9. Ревут И.Б. Физика почв. - М.: Колос, 1972. - 366 с.
10. Роде А.А. Вопросы водного режима почв. - JL: Гидрометеоиздат, 1978.-213. с.
11. Земледелие. Агрофизические свойства почв: рабочая тетрадь / Донской ГАУ; сост. А.П. Авдеенко, И.В. Фетюхин, Н.А. Рябцева, С.С. Авдеенко. – 2-е изд., стер. – Персиановский: Донской ГАУ, 2020. – 30 с.
12. Лучинский С.И. Управление агрофизическими свойствами почвы: учеб. Пособие / Б.И. Тарасенко, С.И. Лучинский, Р.В. Кравченко. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 106.

## Содержание

| № задания        | Наименование темы   | Страница  |
|------------------|---|-----------|
|                  | Агрофизические свойства почвы   | 3         |
| <b>Раздел 1.</b> | <b>Методы изучения основных агрофизических свойств почвы</b>                            | <b>4</b>  |
| Задание 1.       | Определение макроагрегатного состава почвы методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову | 5         |
| Задание 2.       | Определение водопрочности почвенной структуры методом мокрого просеивания               | 6         |
| Задание 3.       | Определение содержания в почве эрозионно-опасной фракции                                | 8         |
| Задание 4.       | Строение пахотного слоя почвы   | 10        |
| Задание 4а.      | Определение строения пахотного слоя методом насыщения в цилиндрах                       | 15        |
| Задание 5.       | Определение объемной массы почвы  | 17        |
| Задание 6.       | Определение удельной массы (плотности) твердой фазы почвы                               | 18        |
| Задание 7.       | Общая пористость почвы  | 19        |
| <b>Раздел 2.</b> | <b>Функциональные свойства почвы</b>  | <b>22</b> |
| Задание 8.       | Определение влажности почвы и оценка запасов влаги в почве                              | 22        |
| Задание 9.       | Определение водопроницаемости, фильтрационной и водоподъемной способности почв          | 26        |
| Задание 10.      | Воздухоёмкость почвы  | 29        |
| <b>Раздел 3.</b> | <b>Физико-механические или технологические свойства почвы</b>                           | <b>31</b> |
| Задание 11.      | Определение липкости почвы  | 31        |
|                  | Литература  | 34        |