

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

**В.К. Ивченко**

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ С ОСНОВАМИ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

Направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

*Методические указания для самостоятельной работы студентов*

Электронное издание

Красноярск 2019

*Рецензент*  
*И.С. Коротченко, канд. биол. наук, доц. каф. экологии*  
*и естествознания*

**Ивченко, В.К.**

**Земледелие с основами растениеводства** [Электронный ресурс]: метод. указания для самостоятельной работы студентов / В.К. Ивченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 30 с.

Представлены темы занятий и задания для выполнения самостоятельной работы в полном соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» с учетом рекомендаций ОПОП.

Предназначено для студентов Института инженерных систем и энергетики, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», очной и заочной форм обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

© Ивченко В.К., 2019  
© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный  
аграрный университет», 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Задание 1. Определение объемной массы почвы с нарушенным сложением	5
Задание 2. Определение удельной массы твердой фазы почвы	11
Задание 3. Расчет общей пористости (скважности) почвы	14
Задание 4. Определение влажности и запаса влаги в почве	16
Задание 5. Определение водопроницаемости и фильтрационной способности почвы	22
Задание 6. Определение водоподъемной способности почвы с различным гранулометрическим составом	25
Задание 7. Определение липкости почвы	27
Рекомендуемая литература	29

## **ВВЕДЕНИЕ**

Почва является основным средством производства в земледелии. Только ей присуще такое свойство, как плодородие, то есть способность удовлетворять потребность растений в питательных элементах, влаге, воздухе и обеспечивать растения необходимыми условиями жизни. Поэтому сохранение почвенного плодородия, а также его воспроизводство являются главным условием получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

В методических указаниях для самостоятельной работы по дисциплине «Земледелие с основами растениеводства» для студентов Института инженерных систем и энергетики представлены задания, способствующие углубленному изучению лекционного курса и приобретению навыков в области решения производственных задач и ситуаций. В соответствии с рабочей программой данные методические указания содержат 7 заданий, составленных таким образом, чтобы при самостоятельном выполнении не требовалось большого количества дополнительных пособий.

## ЗАДАНИЕ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ ПОЧВЫ С НАРУШЕННЫМ СЛОЖЕНИЕМ

**Плотностью сложения почвы** (объемная масса) называется масса  $1 \text{ см}^3$  абсолютно сухой почвы в граммах при ее естественном сложении. Этот показатель характеризует сложение почвенных частиц, комковатость структурных агрегатов. Различают рыхлое, плотное и очень плотное сложение.

Плотность сложения почвы зависит от гранулометрического и минералогического составов, содержания гумуса, структуры почвы. Чем структурнее и плодороднее почва, тем меньше ее плотность сложения и наоборот, чем хуже структурное состояние почвы и меньше в ней содержится гумуса, тем больше величина этого показателя.

Большое влияние на плотность сложения оказывает обработка почвы. После вспашки почва бывает наиболее рыхлой в течение определенного периода времени, а затем только начинается ее уплотнение. В результате почва достигает определенной плотности, которая в дальнейшем почти не изменяется. Такая плотность называется **равновесной плотностью сложения почвы**. Для песчаных, супесчаных и суглинистых почв характерно рыхлое сложение (до  $1,15 \text{ г/см}^3$ ), глинистых – плотное ( $1,15-1,35 \text{ г/см}^3$ ), для глинистых солонцеватых почв – очень плотное (более  $1,35 \text{ г/см}^3$ ).

Плотность сложения черноземных почв колеблется в пределах  $0,85-1,12 \text{ г/см}^3$ , дерново-подзолистых –  $1,3-1,5 \text{ г/см}^3$ , серых лесных –  $1,4 \text{ г/см}^3$ .

Знание плотности сложения дает ориентировочное представление о производственной ценности почвы – степени обеспеченности растений элементами питания, водой, воздухом. Поскольку одно и то же количество питательных веществ в рыхлой почве (с меньшей плотностью сложения) занимает большую кубатуру, чем в плотной почве (с большей плотностью сложения), то в рыхлой почве растение должно охватить корневой системой большее пространство, чем в плотной, иначе оно не будет нормально развиваться и не даст высоких урожаев. Особенно это важно для растений в молодом возрасте, когда корневая система еще не достаточно развита. Поэтому плотность сложения надо знать для решения практических задач: вычисления порозности (скважности) почвы, расчетов запасов воды и питательных веществ. Запасы питательных веществ или влаги в почве рассчитывают по формуле

$$Z = H \cdot V \cdot A,$$

где  $Z$  – запас питательных веществ или влаги, т/га;

$H$  – мощность горизонта, см;

$V$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>;

$A$  – содержание элемента или влаги, % от массы почвы.

По плотности сложения можно косвенно судить об окультуренности почвы, подверженности эрозии (разрушению). Плотность сложения выступает в качестве показателя интенсивности обработки почвы, так как этот показатель имеет большое значение в регулировании водного, пищевого, воздушного и теплового режимов почвы.

В настоящее время установлено, что растения отрицательно реагируют как на излишне рыхлое, так и на слишком плотное сложение почвы. При повышенной плотности резко уменьшаются размеры капилляров, и вода переходит в связанную, недоступную для растений форму. Одновременно происходят ее потери в результате капиллярного поднятия и последующего испарения с поверхности.

При очень рыхлом сложении почвы потери воды достигают больших величин за счет испарения конвекционно-диффузным путем. Такие явления часто наблюдаются на почвах легкого гранулометрического состава в степи и открытой лесостепи. Наибольшую продуктивность растения обеспечивают при оптимальной плотности почвы.

Так, оптимальное сложение пахотного слоя для зерновых на среднесуглинистых выщелоченных черноземах находится в пределах 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup>. Однако фактически плотность сложения этих почв на 30% меньше по сравнению с оптимальным и составляет 0,9-1,0 г/см<sup>3</sup>. То есть переуплотнения выщелоченных черноземов Красноярской лесостепи не наблюдается, а значит, не требуется интенсивной обработки. У дерново-подзолистых почв фактическая плотность (1,3-1,5 г/см<sup>3</sup>) выше оптимальной (1,1-1,2 г/см<sup>3</sup>). В таких случаях требуется интенсивная обработка почвы под зерновые культуры. Для кукурузы оптимальная плотность сложения колеблется в пределах 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>, а для картофеля и корнеплодов – 0,8-0,9 г/см<sup>3</sup>. Итак, в зависимости от типа почв и требований разных сельскохозяйственных культур применяются различные приемы обработки почв и их сочетания.

В лабораторных условиях надо определить зависимость плотности сложения почвы от ее структурного и гранулометрического составов.

## Ход работы

Определение плотности сложения в лабораторных условиях проводят следующим образом. Берут пустой пикнометр, взвешивают его на электрических весах и результат записывают в таблицу 1.

Таблица 1 – Форма записи при определении плотности сложения

Размер агрегатов, мм	Повторность	Масса, г				Плотность сложения почвы, г/см <sup>3</sup>
		пустого пикнометра	пикнометра с почвой	почвы в пикнометре	абсолютно сухой почвы в пикнометре	
3	1					
	2					
	Ср.					
2	1					
	2					
	Ср.					
1	1					
	2					
	Ср.					
Менее 0,25	1					
	2					
	Ср.					
Песок	1					
	2					
	Ср.					
Глина	1					
	2					
	Ср.					

Наполняют пикнометр (колбу) почвой определенной фракции ровно до метки, осторожно постукивая большим пальцем по дну колбы. Затем помещают колбу на электронные весы, взвешивают, полученные данные заносят в таблицу 1. По разности между массой пустого пикнометра и наполненного почвой определяют массу воздушно-сухой почвы.

Для того чтобы определить массу абсолютно сухой почвы ( $X$ ) в пикнометре (колбе), необходимо знать ее влажность.

Пример: предположим, что масса почвы до высушивания равна 20 г, а после высушивания – 15 г (абсолютно сухая почва). Для того чтобы определить «X», необходимо составить пропорцию:

20 г – масса почвы до высушивания – 15 г абсолютно сухой почвы,  $B$  – масса почвы в пикнометре,  $X$  – абсолютно сухая почва в пикнометре

$$X = \frac{B \cdot 15}{20}.$$

Зная массу абсолютно сухой почвы в пикнометре ( $X$ ), можно рассчитать плотность сложения ( $V$ ) в абсолютно сухом состоянии:

$$V = \frac{X}{O},$$

где  $O$  – объем почвы в пикнометре,  $\text{см}^3$ .

Таблица 2 – Оценка плотности сложения суглинистых и глинистых почв (Качинский Н.А.)

Плотность сложения, $\text{г}/\text{см}^3$	Оценка
< 1,00	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,00-1,15	Типичные величины для культурной и свежевспаханной почвы
1,15-1,35	Почва уплотнена
1,35-1,60	Почва очень уплотнена. Типичные величины для глинистых солонцеватых почв, подпахотных горизонтов.
> 1,60	Очень сильно уплотненные иллювиальные горизонты

Полученные результаты студенты используют для оценки величины плотности сложения пахотного слоя согласно таблице 2 и делают вывод об интенсивности обработки почвы.

**Оборудование:** пикнометр на  $100 \text{ см}^3$ ; электровесы, почвенные образцы.

### Задачи

1. Определить:

а) общие запасы фосфора в выщелоченном черноземе Красноярской лесостепи, если известно его процентное содержание ( $P$ ), мощность пахотного слоя ( $M$ ) в м, плотность сложения ( $D$ ) в  $\text{г}/\text{см}^3$ :

1.1.  $P = 0,30\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .

- 1.2.  $P = 0,30\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.3.  $P = 0,30\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.4.  $P = 0,31\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.5.  $P = 0,31\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.6.  $P = 0,32\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.7.  $P = 0,27\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.8.  $P = 0,27\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.9.  $P = 0,29\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.10.  $P = 0,29\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,10$ ;

б) общие запасы азота (N) в кг/га, если известно, что:

- 1.11.  $N = 0,45\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.12.  $N = 0,45\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.13.  $N = 0,50\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.14.  $N = 0,50\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.15.  $N = 0,50\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.16.  $N = 0,40\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.17.  $N = 0,40\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,10$ ;

в) общие запасы калия (K) в кг/га, если известно, что

- 1.18.  $K = 2,10\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.19.  $K = 2,10\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.20.  $K = 2,20\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.21.  $K = 2,20\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 1,00$ .
- 1.22.  $K = 2,00\%$ ;  $M = 0,20$ ;  $D = 1,10$ .
- 1.23.  $K = 2,30\%$ ;  $M = 0,30$ ;  $D = 0,90$ .

2. Рассчитать запасы общей и доступной влаги в почве в т и мм на 1 га, если известна плотность сложения (Д) в  $\text{г/см}^3$ , влажность почвы (А) в %, мощность почвенного слоя (М) в м. Содержание недоступной влаги (ВЗ) принять равной 13%.

- 2.1.  $D = 1,10$ ;  $A = 20,0\%$ ;  $M = 0,20$ .
- 2.2.  $D = 1,10$ ;  $A = 20,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.3.  $D = 1,10$ ;  $A = 20,0\%$ ;  $M = 1,00$ .
- 2.4.  $D = 1,20$ ;  $A = 20,0\%$ ;  $M = 0,20$ .
- 2.5.  $D = 1,20$ ;  $A = 20,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.6.  $D = 1,20$ ;  $A = 20,0\%$ ;  $M = 1,00$ .
- 2.7.  $D = 0,90$ ;  $A = 30,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.8.  $D = 1,20$ ;  $A = 25,0\%$ ;  $M = 1,00$ .
- 2.9.  $D = 1,00$ ;  $A = 33,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.10.  $D = 1,30$ ;  $A = 25,0\%$ ;  $M = 0,50$ .

- 2.11.  $D = 1,20$ ;  $A = 15,0\%$ ;  $M = 1,00$ .
- 2.12.  $D = 1,10$ ;  $A = 15,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.13.  $D = 0,90$ ;  $A = 25,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.14.  $D = 1,30$ ;  $A = 30,0\%$ ;  $M = 1,00$ .
- 2.15.  $D = 1,30$ ;  $A = 32,0\%$ ;  $M = 0,50$ .
- 2.16.  $D = 1,00$ ;  $A = 39,0\%$ ;  $M = 1,00$ .

3. Рассчитать плотность сложения и массу сухой почвы на 1 га, если известна влажность почвы ( $A$ ) в %, масса образца влажной почвы ( $P$ ) в г, объем этого образца ( $V$ ) в  $\text{см}^3$ :

- 3.1.  $A = 20\%$ ;  $P = 300$ ;  $V = 200$ .
- 3.2.  $A = 20\%$ ;  $P = 250$ ;  $V = 200$ .
- 3.3.  $A = 25\%$ ;  $P = 250$ ;  $V = 210$ .
- 3.4.  $A = 23\%$ ;  $P = 250$ ;  $V = 200$ .
- 3.5.  $A = 30\%$ ;  $P = 240$ ;  $V = 200$ .
- 3.6.  $A = 33\%$ ;  $P = 248$ ;  $V = 210$ .
- 3.7.  $A = 16\%$ ;  $P = 150$ ;  $V = 70$ .
- 3.8.  $A = 18\%$ ;  $P = 190$ ;  $V = 95$ .
- 3.9.  $A = 19\%$ ;  $P = 150$ ;  $V = 80$ .
- 3.10.  $A = 22\%$ ;  $P = 160$ ;  $V = 110$ .
- 3.11.  $A = 23\%$ ;  $P = 140$ ;  $V = 115$ .
- 3.12.  $A = 24\%$ ;  $P = 150$ ;  $V = 110$ .
- 3.13.  $A = 26\%$ ;  $P = 120$ ;  $V = 50$ .
- 3.14.  $A = 28\%$ ;  $P = 250$ ;  $V = 220$ .

## ЗАДАНИЕ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ МАССЫ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВЫ

Почва как физическое тело представляет собой четырехфазную систему. Она состоит из твердой (минеральные и органические вещества), жидкой (вода с растворенными в ней соединениями), газообразной (почвенный воздух) и живой (микроорганизмы) фаз.

Чтобы определить строение пахотного слоя почвы (пористость почвы), надо предварительно установить удельную массу твердой фазы почвы.

**Удельной массой** почвы называется масса абсолютно сухих твердых почвенных частиц в единице объема (без пор). Обычно удельную массу почвы выражают в граммах на один кубический сантиметр ( $\text{г/см}^3$ ), и абсолютная величина этого показателя всегда больше объемной массы.

Величина удельной массы почвы зависит от минералогического состава и содержания гумуса. Чем больше органического вещества содержит почва, тем меньше ее удельная масса, и наоборот, чем больше минеральных веществ, тем удельная масса ее выше. Например, удельная масса кварца равна 2,65, а перегноя – не более 1,4. Черноземные почвы при содержании гумуса около 10% имеют удельную массу 2,35, а дерново-подзолистые суглинистые почвы, более бедные гумусом (2,5%), – около 2,60. В подзолистой песчаной почве этот показатель достигает 2,70.

От удельной массы почвы в значительной мере зависят затраты по поднятию почвы на рабочие части сельскохозяйственных машин, прохождение почвы по транспортерам, а также износ рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Удельную массу почвы определяют при помощи пикнометра (мерной колбы объемом в 50 или 100  $\text{см}^3$ ). Принцип этого метода заключается в определении объема частиц навески почвы, взятой для анализа, по вытесняемой ими жидкости.

### Порядок выполнения работы

Для определения удельной массы используют пробу почвы в воздушно-сухом состоянии. Пробу почвы растирают в ступке и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. При просеивании из почвы удаляют включения и корни.

Из просеянной почвы берут одновременно две пробы одинаковой массы (примерно по 10 г). Так как для определения удельной массы нужно иметь абсолютно сухую почву, а взятые навески составлены из воздушно-сухой почвы, то одну из навесок используют для определения влажности путем высушивания почвы в термостате, а вторую – для нахождения удельной массы. Взвешивают сухой пустой пикнометр с точностью до 0,01 г.

Высыпают 10 г просеянной почвы в пикнометр и взвешивают почву с пикнометром.

Для определения объема твердых частиц в навеске пикнометр с почвой наполняют водой сначала до половины и кипятят в течение 30 минут для удаления воздуха из почвы. Следует помнить, что нельзя допускать бурного кипения воды с почвой, так как это может привести к выплескиванию последней из пикнометра и искажению результатов анализа.

После кипячения пикнометр осторожно охлаждают под краном с водой, наполняют его дистиллированной водой до отметки и удаляют пузырьки воздуха и всплывшие легкие частицы стеклянной палочкой или жгутом фильтровальной бумаги. Снова доливают пикнометр до метки, вытирают его досуха и взвешивают.

Воду с почвой выливают из пикнометра, промывают его, наливают чистую (дистиллированную) воду до отметки и взвешивают. При этом снаружи пикнометр должен быть сухим и чистым. Результаты взвешиваний записывают в тетрадь.

Форма записи при определении удельной массы почвы:

Место взятия пробы в поле (поле севооборота, культура)

Слой почвы в см 0-10 см.

Номер пикнометра 1

1. Масса пустого пикнометра 23,24 г.

2. Навеска взятой в пикнометр почвы 10,00 г.

3. Масса пикнометра с почвой 33,24 г.

Определение влажности почвы

Масса пустого бюкса 20,10 г.

Масса бюкса с почвой до сушки. 30,20 г.

Масса почвы в бюксе до сушки 10,10 г.

Масса бюкса с почвой после сушки 29,20 г.

Масса абсолютно сухой почвы в бюксе 9,10 г.

4. Навеска абсолютно сухой почвы в пикнометре 9,10 г.

5. Масса пикнометра с почвой и водой. 128,61 г.

6. Масса пикнометра с водой.

122,85 г.

7. Удельная масса твердой фазы почвы ( $D$ )

$$D = \frac{P}{M + P - H},$$

где  $P$  – масса абсолютно сухой почвы в пикнометре;

$M$  – масса пикнометра с водой;

$H$  – масса пикнометра с почвой и водой.

В данном случае

$$D = \frac{9,10}{122,85 - 9,10 - 128,61} = 2,72 \text{ г/см}^3.$$

**Оборудование:** весы, образцы почвы из-под различных культур и из разных горизонтов; ступка с пестиком; сито с отверстиями диаметром 1 мм, бюксы для сушки почвы; сушильный шкаф, фильтровальная бумага, электрические плитки, сетки металлические, пикнометры, дистиллированная вода.

### Контрольные вопросы

1. Что называется удельной массой почвы?
2. От чего зависит величина удельной массы почвы?
3. Почему черноземные почвы имеют меньшую удельную массу, чем подзолистые?
4. С какой целью определяют удельную массу почвы?

### ЗАДАНИЕ 3. РАСЧЕТ ОБЩЕЙ ПОРИСТОСТИ (СКВАЖНОСТИ) ПОЧВЫ

**Общей пористостью** называют сумму всех пор. Почвенные поры представляют собою различные по величине и форме промежутки, которые образуются в результате неплотного прилегания друг к другу комочков и частиц почвы.

Объем всех капиллярных (тонких) промежутков называется **капиллярной скважностью**, а объем всех крупных промежутков между комками – **некапиллярной скважностью**. От величины общей скважности (пористости) почвы в значительной степени зависит ее плодородие. В порах размещаются вода, воздух, корни растений, микроорганизмы, в них протекают различные почвенные процессы. Кроме того, знание общей пористости необходимо для вычисления содержания воздуха, полной влагоемкости почвы и других показателей.

Общая пористость находится в тесной зависимости от объемной и удельной массы почвы. Поэтому, чем больше общая пористость, тем рыхлее почва и тем меньшую объемную массу она имеет. Величиной общей пористости, так же как и объемной массы, пользуются при характеристике степени уплотненности почвы.

Благоприятные условия водно-воздушного и теплового режимов складываются в почве, имеющей рыхлое и уплотненное состояние пахотного слоя при величине общей пористости 50-65%. Культуры сплошного способа посева хорошо растут на уплотненных почвах с общей пористостью 50-58%, а для пропашных культур – более благоприятно рыхлое состояние почвы с общей пористостью 58-65%. На очень плотной почве, так же как и на чрезмерно рыхлой, рост и развитие сельскохозяйственных культур ухудшается. При общей пористости в подпахотном слое менее 48% при возделывании корнеплодов и меньше 44% зерновых необходимо проводить его рыхление.

Оптимальные показатели пористости зависят от состояния увлажнения почвы. Например, при недостаточном увлажнении, даже при необходимой пористости, аэрация почвы может быть нормальной и, наоборот, при переувлажнении почвы, имеющей повышенную пористость, может быть слабая аэрация.

## Порядок выполнения работы

Общая пористость (*Мобц.*) определяется расчетным путем по следующей формуле

$$\text{Мобц.} = \left(1 - \frac{Oв}{D}\right) \cdot 100,$$

где *Мобц.* – общая пористость, %;  
*Oв* – объемная масса почвы, г/см<sup>3</sup>;  
*D* – удельная масса почвы, г/см<sup>3</sup>.

В этой формуле отношение величины объемной массы к удельной массе показывает, какую часть от объема почвы занимают твердые частицы. Следовательно, оставшая часть объема приходится на поры  $\left(1 - \frac{Oв}{D}\right)$ , а умножение на 100 придает этой величине процентное выражение.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение общей пористости почвы.
2. Дайте определение капиллярной пористости.
3. Дайте определение некапиллярной пористости.
4. Приведите обоснование зависимости плодородия почвы от пористости.
5. Какова зависимость общей пористости почвы от ее объемной массы?
6. Назовите оптимальную величину общей пористости для черноземов Красноярской лесостепи.
7. Какова оптимальная пористость почвы для культур сплошного способа посева?
8. Какова оптимальная пористость почвы для пропашных культур?
9. При каких абсолютных величинах общей пористости в подпахотном слое необходимо проводить рыхление почвы?
10. Как влияет увлажненность на величину пористости почвы?

#### ЗАДАНИЕ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ЗАПАСА ВЛАГИ В ПОЧВЕ

Вода является необходимым условием жизни растений, «кровью живого организма», так как все жизненные процессы, происходящие в нем, связаны с присутствием воды.

Содержание влаги в почве в момент обработки характеризует ее физическую спелость, что существенно сказывается на качестве обработки, степени крошения (комковатости), структурном состоянии, заделке корневых и пожнивных остатков, гребнистости и т.д. Только при определенной влажности почва способна крошиться, не распыляться и сохранять структуру.

Высокогумусированные черноземные почвы можно обрабатывать при широком интервале влажности (20-30%). Серые лесные и дерново-подзолистые имеют более узкий интервал оптимальной влажности (24-27%) для обработки, вследствие невысокого содержания гумуса и неудовлетворительного структурного состояния. Поэтому обработку важно проводить в сжатые сроки, когда эти почвы находятся в состоянии физической спелости. В этот момент верхний слой почвы не пересушен и не переувлажнен.

Практически спелость почвы устанавливается весьма простым способом: берут горсть почвы и слегка сжимают в руке, затем поднимают на уровень груди и разжимают пальцы. Если комок рассыпается на мелкие комочки, то почву считают пригодной для обработки.

Регулирование водного режима применительно к разным почвам и в разных почвенно-климатических зонах края (подтайга, лесостепь и степь) в целях получения наивысших урожаев служит основой при разработке зональных систем земледелия. В связи с этим определение влажности почвы в полях севооборота имеет большое практическое значение. На основании полученных данных разрабатывается рациональная влагонакопительная и влагосберегающая система обработки почвы и удобрений, сроков сева, нормы высева, полива и т.п.

**Влажность почвы** – содержание воды в почве, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы.

Пробы почвы для определения влажности берут буром Измайловского с заданной глубины послойно через каждые 10 см в 3-4-кратной повторности. Отобранную почву помещают в бюксы, за-

крывают крышками и взвешивают на электрических весах. После этого снимают крышки с бюксов и последние ставят открытыми в сушильный шкаф. Высушивание почвы производится при температуре 100-105°C в течение 6-8 часов.

По окончании высушивания бюксы вынимают из сушильного шкафа и ставят в эксикатор. После охлаждения в эксикаторе бюксы взвешивают. Полученные данные заносят в таблицу.

Полевая влажность в процентах от массы абсолютно сухой почвы вычисляется по формуле

$$A = \frac{B_1 - B_2}{B_2 - B_0} \cdot 100,$$

где  $B_0$  – масса пустого бюкса, г;

$B_1$  – масса бюкса с почвой до сушки, г;

$B_2$  – масса бюкса с сухой почвой, г.

В связи с тем, что выпадающие осадки измеряются в мм водного столба, целесообразно запасы влаги в почве выражать в мм. Запас влаги в том или ином слое почвы в мм вычисляют по формуле

$$Z = \frac{A \cdot V \cdot H}{10},$$

где  $Z$  – запас воды, мм;

$A$  – влажность исследуемого слоя почвы, %;

$V$  – плотность сложения, г/см<sup>3</sup>;

$H$  – глубина слоя, см;

10 – коэффициент пересчета в мм.

Запасы воды в исследуемой толще почвы на практике выражают не только в мм, но и в тоннах или кубических метрах на 1 га:

$$Z = A \cdot V \cdot H.$$

В полевых условиях важно определить влагу, доступную и недоступную для растений.

Существенная зависимость отмечена между количеством доступной влаги и содержанием в почве физического ила. С увеличением последнего содержание доступной влаги уменьшается.

В целом источником воды для растений являются запасы ее в почве, которые пополняются за счет атмосферных осадков и орошения. Однако растения не могут использовать всю влагу.

Таблица 3 – Форма записи

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Общий запас воды в почве		12	13
									10	11		
Вариант	Горизонт взятия пробы	Повторность	№ бюкса	Масса пустого бюкса, г	Масса бюкса с сырой почвой, г	Масса бюкса с абсолютно сухой почвой, г	Масса испарившейся воды, г	Влажность, %			Мертвый запас влаги в почве, мм	Запас доступной воды, мм

Часть ее становится недоступной растениям в виду того, что вода адсорбируется почвенными частицами и удерживается с очень большой силой. Поэтому для определения запасов доступной влаги в почве необходимо знать:

- 1) общее количество влаги в почве (З), мм;
- 2) количество недоступной влаги, которое принято характеризовать величиной **влажности завядания (ВЗ)**.

**Влажностью завядания** называется такое содержание воды в почве, при котором растение не может обеспечить свою потребность в воде, что и приводит к его завяданию.

Недоступность воды для растений при этих уровнях влажности почв объясняется тем, что почва удерживает воду с силой порядка 15-20 атм., что значительно превышает сосущую силу растений. Величина влажности завядания зависит от многих свойств почвы, и, прежде всего, от гранулометрического состава. Так, величина влажности завядания (в %) составляет: в песках – 1-3, супесях – 4-6, суглинках – 10-12, глинах – 20-30.

Таким образом, недостаток воды для растений при прочих равных условиях в первую очередь будет сказываться на глинистых бесструктурных почвах.

Для пахотных горизонтов почв и для большинства полевых культур влажность завядания обычно колеблется в пределах 10-20%.

Исследованиями кафедры общего земледелия Красноярского ГАУ установлено, что на выщелоченных черноземах в слое 0-100 см величина ВЗ составляет 141,4 мм (14%), а в 0-20 см 14,1 мм.

В целом, содержание доступной влаги (в %) определяется по разности между общим запасом влаги в почве и влажностью завядания:

$$Z_{\text{дост.}, \%} = Z_{\text{общ.}} - BZ.$$

Расчет запаса доступной влаги в почве в мм/га и т/га рассчитывают по следующим формулам:

$$\text{в т/га: } Z_{\text{дост.}} = H \cdot V \cdot (Z_{\text{общ.}} - BZ),$$

$$\text{в мм/га: } Z_{\text{дост.}} = \frac{H \cdot V \cdot (Z_{\text{общ.}} - BZ)}{10}.$$

Студенты самостоятельно рассчитывают запасы доступной влаги и на основании полученных данных дают оценку имеющихся запасов доступной влаги в почве, пользуясь следующей шкалой (табл. 4).

Таблица 4 – Оценка запасов доступной влаги

Оценка обеспеченности растений влагой	Слой, см	Запас доступной влаги, мм
Хорошая	0-20	> 40
	0-100	130-160
Удовлетворительная	0-20	20-40
	0-100	90-130
Неудовлетворительная	0-20	< 20
	0-100	< 90

### Расчет урожайности культур по запасам доступной влаги в почве

В земледелии Красноярского края одним из основных факторов, ограничивающих продуктивность полевых культур, является почвенная влага. Поэтому очень важно рассчитать величину урожая в зависимости от запасов доступной влаги в почве для того чтобы на этой основе определить рациональные дозы удобрений, установить правильный режим орошения.

Возможные урожаи сельскохозяйственных культур в зависимости от содержания доступной влаги в почве и выпадающих осадков за вегетационный период можно подсчитать по формуле Цыганкова:

$$Y_{\text{ц/га}} = \frac{(Z_{\text{общ.}} - BZ) \cdot 0,5 \cdot P \cdot 10}{K},$$

где  $Z_{\text{общ}}$  – общий запас влаги весной при полевой влажности в метровом слое, т/га;

$BZ$  – запас недоступной растениям влаги, т/га;

$P$  – среднее многолетнее количество осадков за вегетационный период или прогнозируемые осадки за этот же период, мм (табл. 6);  
 $0,5$  – коэффициент использования летних осадков;  
 $10$  – коэффициент перевода осадков (мм) в (т);  
 $K$  – коэффициент водопотребления (затраты воды на получение единицы урожая, м<sup>3</sup>/т).

Таблица 5 – Коэффициенты водопотребления полевых культур

Культура	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
Пшеница	470
Овес	525
Картофель	450
Однолетние травы	525
Ячмень	500
Кукуруза (зеленая масса)	410
Многолетние травы	652

В различных почвенно-климатических зонах Красноярского края за вегетационный период выпадает неодинаковое количество осадков (табл. 6).

**Задание.** Студенты самостоятельно определяют урожайность одной из полевых культур для зоны, указанной преподавателем. Запасы доступной влаги необходимо взять из предыдущей работы.

Таблица 6 – Количество выпадающих атмосферных осадков, мм

Район	Месяц				Сумма
	май	июнь	июль	август	
1	2	3	4	5	6
Енисейск	39	57	62	66	224
Ирбейское	35	47	72	69	224
Казачинское оп. поле	36	55	60	62	213
Большая Мурта	31	49	73	61	214
Держинское	29	42	67	60	198
Абан	25	42	60	64	191
Сухобузимское	32	44	69	62	207
Боготол	37	60	71	69	237
Канск	27	42	61	55	185
Назарово	42	63	84	72	261
Красноярск	33	45	71	63	212

1	2	3	4	5	6
Уяр	34	43	67	63	207
Рыбинское	34	45	68	66	213
Балахта	35	54	73	69	231
Ужур	34	55	73	62	224
Новоселово	35	51	70	67	223
Краснотуранск	32	53	64	56	205
Курагино	39	59	70	66	234
Минусинск	31	51	61	53	196
Каратуз	43	63	73	69	248
Шушенское	36	60	72	63	231
Шира	24	47	68	54	193
Боград	32	54	64	56	206
КЫЗЫЛ	8	33	50	47	138

### Контрольные вопросы

1. Значение почвенной влаги.
2. Какова взаимосвязь между физической спелостью и влажностью почвы?
3. Какие почвы имеют более широкий интервал оптимальной влажности для обработки – с высоким или с низким содержанием гумуса?
4. Назовите приемы влагонакопления.
5. Что называется влажностью почвы?
6. Как определить содержание доступной влаги в почве?
7. Какие показатели влияют на величину доступной влаги в почве?
8. Что называется влажностью завядания?
9. Почему растения не могут использовать запасы влаги ниже показателя ВЗ?
10. От чего зависит величина влажности завядания?
11. Что называется коэффициентом водопотребления?

## ЗАДАНИЕ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ И ФИЛЬТРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ

**Водопроницаемостью** называется способность почвы впитывать и пропускать воду. Проникновение воды в почву происходит вследствие ее впитывания и фильтрации. При **впитывании** происходит заполнение водой свободных пор под влиянием сил тяжести, напора воды и менисковых сил. **Процесс фильтрации** – движение воды в порах, полностью заполненных водой, которое почти не изменяется во времени.

В природных условиях разделить процесс водопроницаемости на отдельные фазы (впитывание и фильтрацию) практически невозможно. В агрономической практике чаще всего имеют дело с процессом впитывания воды. И только в лабораторных условиях на специально взятых образцах можно проследить за процессом впитывания и фильтрации.

Водопроницаемость зависит от многих условий: гранулометрического состава, содержания гумуса, пористости, структуры, влажности почвы и т.д.

Водопроницаемость – важное физическое свойство почвы. Она обуславливает использование атмосферных осадков и поливной воды. При хорошей водопроницаемости вода почти полностью проникает в почву, создавая запасы. При плохой водопроницаемости вода стекает по поверхности почвы.

Как слишком незначительная, так и очень большая водопроницаемость почвы нежелательна.

Водопроницаемость выражают чаще всего в миллиметрах водяного столба (смоченного столба) в минуту, а иногда в сантиметрах в час.

### Порядок выполнения работы

1. Каждому студенту выдается по образцу почвы, просеянной через сита с диаметром отверстий 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0 мм.

2. Стекланную трубочку диаметром 3-5 см укрепляют в штатив. Нижний конец трубки обвязывают кусочком марли.

3. Трубку равномерно наполняют почвой посредством легкого постукивания, чтобы не образовалось пустот, на 20-30 см. Сверху оставляют не менее 5 см не заполненной почвой трубки.

4. На трубку прикрепляют резиновыми кольцами полоску миллиметровой бумаги или укрепляют рядом линейку и под трубку ставят стакан.

5. Засекают время и наливают на почву воду слоем 4 см, поддерживая этот уровень.

6. Через каждые 5 минут производят измерение высоты смоченного столба в течение одного часа, т.е. 12 измерений.

7. При появлении первой капли через каждые 5 минут производят вновь измерения в течение одного часа (12 измерений). В этом случае ведут запись фильтрационной способности почвы.

8. Столб смоченной почвы (а) и полученное количество воды (б) делят (каждую сумму отдельно) на затраченное время и строят графики водопроницаемости и фильтрационной способности.

Для определения фильтрационной способности на  $1 \text{ см}^2$  производят деление количества воды на площадь поперечного сечения трубки в  $\text{см}^2$ .

Таблица 7 – Данные по водопроницаемости

Отсчет	Время (пятиминутные интервалы)		Отсчет уровня промачивания почвы в трубке, мм	Уровень опустился	
	ч	мин		за время, мин	на глубину, мм
1	10	–	0	–	–
2	10	5	12	5*	12
3	10	10	21	5	9
4	10	15	28	5	7
5	10	20	33	5	5
6	10	25	38	5	5
7 и т.д.	10	30	43	5	5

Таблица 8 – Данные по фильтрационной способности

Отсчет	Время (пятиминутные интервалы)	Количество воды в мл за каждые 5 мин нарастающим итогом
1	5	0,50
2	5	0,75
3	5	1,00
4	5	1,25
5	5	1,30
6	5	1,50
7	5	1,50
8	5	1,50

При построении графика водопроницаемости по оси абсцисс откладывается время наблюдения в минутах (0, 5, 10, 15, 20 и т.д.), а по оси ординат – высота водяного столба в миллиметрах нарастающим итогом, причем нулевое значение располагается вверху.

Соединив отложенные точки, получают кривую водопроницаемости. Заштрихованная часть графика дает наглядное представление о количестве воды, прошедшей в почве за любой отрезок времени. По графику легко вычислить среднюю скорость проникновения воды за тот или иной период времени.

Подобный график строится и по фильтрационной способности почвы, причем на оси ординат откладывается нарастающим итогом количество воды в миллиметрах, прошедшее через почву.

Оценка водопроницаемости по скорости впитывания воды проводится по следующей шкале, представленной в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка водопроницаемости почвы

Водопроницаемость, мм/мин	Оценка
>1,5	Очень высокая
1,5-0,5	Высокая
0,5-0,3	Наилучшая
0,3-0,15	Хорошая
0,15-0,07	Пониженная
<0,07	Низкая

**Оборудование:** стеклянные трубки диаметром 3 см и высотой 33 см, воронки, штативы; мерные цилиндры, стаканы, марля, часы песочные, линейки, почва, кружки для воды, кружочки из фильтровальной бумаги диаметром 3 см.

### Контрольные вопросы

1. Что называется водопроницаемостью?
2. Дайте определение процесса фильтрации.
3. От чего зависит водопроницаемость?
4. В каких единицах измеряется водопроницаемость?

## **ЗАДАНИЕ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОДЪЕМНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ С РАЗЛИЧНЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ**

Жидкая вода передвигается или под действием силы тяжести (гравитационная вода) или под влиянием менисковых сил (капиллярная вода). Капиллярная вода передвигается во всех направлениях от более влажных слоев почвы к менее влажным.

При медленном передвижении почвенной воды приток ее к корням растений будет отставать от их потребности. Это может вызвать замедление роста, несмотря на наличие в почве некоторого запаса доступной воды. С другой стороны, высокая капиллярность почвы, особенно ее верхнего слоя, усиливает потери воды от испарения с поверхности.

Одной из форм передвижения капиллярной воды является поднятие ее из нижних слоев почвы в верхние. Высота и скорость поднятия капиллярной воды зависят от гранулометрического состава почвы и ее структуры.

### **Ход работы**

Для определения водоподъемной способности почвы берут стеклянные трубки диаметром 3-5 см и высотой 30-40 см. Нижний конец трубки обвязывают марлей. К трубке прикрепляют резиновыми кольцами линейку или ленту из миллиметровой бумаги. Трубки заполняют почвой разного гранулометрического состава или различного структурного состояния. Во время наполнения трубки необходимо слегка постукивать ее для лучшего заполнения почвой. Затем трубки, подвешенные строго вертикально на штативе, опускают в фарфоровую чашку с водой на глубину 1 см и с этого момента отсчитывают время. Уровень воды в фарфоровой чашке все время поддерживают постоянным. Через каждые 5 минут отмечают и записывают уровень поднятия воды по капиллярам в трубке. Уровень поднятия воды легко заметить по изменению цвета почвы (конец трубки в 1 см, погруженный в воду, не учитывают, так как в этом случае вода проникает в почву по закону сообщающихся сосудов).

Наблюдения продолжают до тех пор пока поднятие воды не прекращается (два постоянных отсчета). Наивысший уровень подъема воды характеризует водоподъемность почвы, которая зависит от размеров капиллярных пор.

Чтобы узнать скорость подъема воды за тот или иной промежуток времени, надо высоту подъема в см разделить на время в минутах, в течение которого вода поднималась.

Эту величину можно изобразить в виде графика, по оси абсцисс которого откладывается время в момент наблюдения, а по оси ординат – высота поднятия воды в момент наблюдения.

Запись данных в ходе анализа производится в таблицу 10.

Таблица 10 – Уровень подъема воды

Отсчет	Время в минутах	Уровень поднятия воды, мм
1	5	
2	5	
3	5	
4	5	
5	5	
6	5	
7	5	
8	5	
9	5	
10	5	
и т.д.		

**Оборудование:** стеклянные трубки диаметром 3-5 см и высотой 30-40 см, резиновые кольца, марля, линейки, фарфоровые чашки, штатив для трубок, песочные часы.

### Контрольные вопросы

1. Под действием каких сил передвигается влага в почве?
2. От чего зависит высота и скорость поднятия капиллярной воды в почве?

## ЗАДАНИЕ 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИПКОСТИ ПОЧВЫ

Способность почвы во влажном состоянии прилипать к орудиям обработки и вообще к предметам называется **липкостью**.

Особенно важную роль липкость играет при обработке почвы. Залипание рабочих органов плуга увеличивает тяговое сопротивление, затрудняет обработку и снижает качество вспашки. Такое же отрицательное значение липкость имеет при раннем посеве, лушении или бороновании сырой почвы.

Воздушно-сухая почва почти не прилипает к орудиям. С повышением влажности соответственно увеличивается и липкость почвы до известного предела. Наибольшей величины липкость достигает при насыщении почвы до капиллярной влагоемкости. С повышением влажности до полной влагоемкости липкость резко уменьшается и приближается к нулю при появлении текучести почвы.

Почвы, различные по гранулометрическому составу, имеют разную липкость: грубозернистые (песчаные) – менее липкие, с преобладанием илистых частиц (глинистые) – более липкие.

Прибор Н.А. Качинского для определения липкости почвы устроен в виде весов. Левая чашка прибора заменена стержнем, оканчивающимся диском. На правой чашке весов помещается съемный тигель. Стержень с диском уравновешен с чашкой и тиглем с правой стороны.

### Порядок выполнения работы

Для определения липкости берут образец воздушно-сухой почвы массой 100 или 200 г. До начала анализа необходимо знать влажность этой почвы. С учетом имеющейся влаги в почве доводят влажность ее до 30%. Кроме этого, липкость определяется с 50%-й влажностью, а также с 70, 80 и 90%-й влажностью.

Для определения липкости в граммах на  $1 \text{ см}^2$ , которое определяется посредством приложения необходимого усилия для отрыва от почвы, у диска измеряется диаметр и высчитывают площадь диска в  $\text{см}^2$ .

Весы уравниваются и под диск подводят чашку Петри с влажной хорошо выровненной почвой. На диск кладут гирию массой 50 г, которая способствует лучшему соприкосновению диска с почвой. Через 1 минуту гирию снимают. В тигель правой чашки осторожно насыпают песок до того момента, когда диск оторвется от почвы.

Массу песка делят на площадь диска и получают липкость в граммах на  $1 \text{ см}^2$ .

После выполнения работы диск стержня и тигель вытирают. Перед каждым определением проводят уравнивание стержня с диском и чашки с тиглем.

Полученные данные записывают в таблицу 11.

Таблица 11 – Определение липкости почвы

Почвенная разность	Влажность почвы, %	Масса песка, необходимого для отрыва диска, г	Липкость, $\text{г}/\text{см}^2$

**Оборудование:** прибор Н.А. Качинского, весы с разновесами, песок, совочек, мерный цилиндр, линейка с делениями, чашки Петри, вода.

### Контрольные вопросы

1. Что называется липкостью почвы?
2. Как зависит липкость почвы от влажности?
3. Какие факторы оказывают влияние на липкость почвы?
4. Можно ли снизить липкость почвы с помощью агротехнических мероприятий?
5. Какова зависимость физической спелости почвы от ее липкости?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бекетов, А.Д. Земледелие Восточной Сибири / А.Д. Бекетов, В.К. Ивченко, Т.А. Бекетова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Красноярск, 2010. – 375 с.

2. Ивченко, В.К. Земледелие с основами растениеводства [Электронный ресурс] / В.К. Ивченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 526 с.

3. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе / Р.В. Алхименко, А.М. Берзин, А.В. Бобровский [и др.]; под ред. С.В. Брылева. – Красноярск, 2015. – 591 с.

4. Фирсов, И.П. Технология производства продукции растениеводства / И.П. Фирсов, А.М. Соловьев, М.Ф. Трифонова. – М.: КолосС, 2006. – 472 с.

# **Земледелие с основами растениеводства**

Направление подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

*Методические указания  
для самостоятельной работы студентов*

Ивченко Владимир Кузьмич

**Электронное издание**

Редактор Л.Э. Трибис

Подписано в свет 25.02.2019. Регистрационный номер 250  
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: rio@kgau.ru