

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

Т.Н. Демьяненко

МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лабораторный практикум

Красноярск 2015

Рецензент

И.В. Борисова, канд. географ. наук,
доцент кафедры экологии и природопользования ИУЭиП СФУ

Демьяненко, Т.Н.

Методы почвенных исследований: лаборатор. практикум / Т.Н. Демьяненко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 48 с.

Представлены лабораторно-практические работы для ознакомления с основными приемами сравнительно-аналитического метода и вопросами, связанными с производством стационарных наблюдений. Сущность и приемы сравнительно-географического метода и метода моделирования рассматриваются в лекционном курсе и на семинарских занятиях.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 110100.62 «Агрохимия и агропочвоведение» и магистрантов направления 110100.68.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Демьяненко Т.Н., 2015

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный
аграрный университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДЫ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	5
Лабораторное занятие 1. Методы изучения биологического круговорота в лесных экосистемах: определение запасов и фракционного состава подстилки и корневого материала....	5
2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ.....	11
Лабораторное занятие 2. Определение максимальной гигроскопичности.....	11
Лабораторное занятие 3. Определение внутриагрегатной порозности (метод парафинирования)	13
Лабораторное занятие 4. Определение дифференциальной порозности методом расчета по Качинскому.....	16
3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВЫ.....	21
Лабораторное занятие 5. Определение углерода мокрым сжиганием по Тюрину в модификации Симакова.....	21
Лабораторное занятие 6. Колориметрическое определение фосфора по фосфорномолибденовой сини.....	26
4. СТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ....	33
Методы изучения водного режима почв (решение практических задач).....	33
Графическое выражение данных по влажности почвы (практическое занятие).....	41
ТЕМЫ ДОКЛАДОВ К СЕМИНАРУ	46
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача теоретического почвоведения, помимо объективной всесторонней характеристики состава и свойств почв, – познание сущности почвообразования, начиная с момента зарождения почвы, в ходе ее становления и развития и кончая современной текущей «жизнью» почвы. Всю совокупность процессов в общем ходе становления, исторического развития и современного существования почвы мы называем почвообразовательным процессом, или генезисом почвы. Почвообразующий процесс, характерный для конкретной экологической обстановки и формирующий почву определенного типа, называется *общим почвообразовательным макропроцессом (ОПМ)*. Процессы, принимающие участие в формировании различных генетических горизонтов почвы определенного типа, – *частные почвообразовательные макропроцессы (ЧПМ)* или (по Герасимову и Глазовской) элементарные почвообразовательные процессы. В свою очередь ЧПМ складываются из совокупности *микропроцессов* – простейших физических, химических и биологических процессов и явлений, происходящих в почве. Изучение общих и частных ПМ основывается на применении сравнительно-географического и сравнительно-аналитического метода. Сравнительно-географический метод основан на сопряженном изучении почв и факторов почвообразования, сравнительно-аналитический – на сравнении состава и свойств почвенных горизонтов с материнской породой. Для изучения микропроцессов используют стационарный метод – непосредственное прямое изучение микропроцессов на относительно небольшом однородном участке почвы (стационаре) в течение более или менее длительного отрезка времени. Кроме того, значительную помощь в анализе сложной системы микропроцессов может оказать *метод моделирования*, который применяется и для изучения общих и частных ПМ.

1. МЕТОДЫ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лабораторное занятие 1

Методы изучения биологического круговорота в лесных экосистемах: определение запасов и фракционного состава подстилки и корневого материала

Под биологическим круговоротом понимается поступление элементов из атмосферы и почвы в живые организмы, биохимический синтез и закрепление химических элементов в органическом веществе растений и возвращение их в почву и атмосферу с ежегодным опадом части органического вещества или с полностью отмершими организмами, входящими в состав биогеоценоза. При изучении биологического круговорота исходным моментом является исследование запасов и динамики органического вещества того или иного сообщества в его надземной и подземной сферах. Определение этих величин может служить показателем ассимиляции растительным сообществом углерода, водорода, кислорода. Одним из этапов данных исследований является определение запасов мертвого органического вещества, представляющего вещество, заключенное в отмерших особях и органах растений, независимо от их расположения (в частности подстилка и мертвые корни). Изучение фракционного состава подстилки позволяет оценить скорость ее разложения и минерализации.

Материалы и оборудование:

- 1) торсионные весы;
- 2) набор почвенных сит;
- 3) пинцеты;
- 4) образцы подстилок и корневого материала;
- 5) упаковочная бумага.

План работы:

1. Знакомство с методами отбора образцов в полевых условиях.
2. Подготовка образцов.
3. Фракционирование растительного материала.
4. Расчет запасов растительного материала и его фракционного состава.

Ход работы:

1. *Отбор образцов лесной подстилки* в полевых условиях проводится шаблоном определенного размера. Чаще всего используется

металлическая окружность диаметром 20 см. Можно использовать рамку 20 × 20 см или 25 × 25 см. Шаблон накладывается на поверхность подстилки, и аккуратно ножом вырезается образец подстилки соответствующий этому шаблону. Весь материал подстилки до минерального горизонта почвы собирается в тканевый мешочек.

Лесную подстилку собирают суммарно или разделяя ее (если это возможно) на подгоризонты: слой О1, состоящий из сравнительно мало измененного опада (хвои, плодов, кусочков коры, мелких веток и т. д.); слой О2, где опад уже заметно изменен процессом гумификации, но отдельные части еще сохранили до известной степени морфологическое строение; слой О3, состоящий из однородной массы мажущего органического вещества – перегноя.

При сборе подстилки минеральные примеси, живые части мхов (отмершая нижняя часть мхов входит в подстилку) и других растений, а также корни удаляют.

Отбор корневого материала производится методом монолитов. Для этого на месте взятия подстилки лопаткой вырезается монолит размером 20 × 20 см до глубины 20 см. Этот объем почвы, вместе с содержащимися в нем корнями помещается в полиэтиленовый мешочек.

2. *Подготовка образца подстилки* заключается в высушивании его до воздушно-сухого состояния.

Образец почвы, взятый для определения запасов корневого материала, должен пройти отмывку на ситах. Для этого образец помещается в емкость, большую по объему, чем объем образца, и заливается водой. Тщательно перемешивается до разрушения почвенных комочков. Затем вода над почвой осторожно сливается на колонку из сит с диаметром отверстий от 10 до 0.25 мм. Органические остатки, задержанные на ситах, промываются проточной водой от минеральных частиц и выкладываются для просушивания. Образец почвы вновь заливается водой, перемешивается, и вода сливается на сита. Эти процедуры повторяются до полного отмывания песка от илистых фракций, когда визуально уже не обнаруживаются растительные остатки в этой массе. Образец корневого материала высушивается до воздушно-сухого состояния.

3. *Фракционирование подстилки*

Лесная подстилка представляет собой сложное многокомпонентное образование. Она формируется в течение длительного периода времени и включает в себя растительные остатки, находящиеся

на разных стадиях разложения. Суть фракционирования заключается в разделении всей массы подстилки на эти ее отдельные компоненты.

Выделяют следующие фракции растительных остатков:

1) хвоя и (или) листья – это хорошо сохранившиеся части растений, представляющие собой опад фотосинтезирующих органов растений, опад текущего и предыдущего года, поскольку эти компоненты очень быстро теряют свой внешний облик благодаря вымыванию из них части органических соединений и быстрой атаке микроорганизмов;

2) остатки травянистой растительности – включают остатки трав, ежегодно отмирающих. Также как и предыдущая фракция, они представляют собой опад текущего и предшествующего года, имеют высокую скорость разложения;

3) ветви – эта фракция включает в себя опад и отпад ветвей древесной и кустарничковой растительности, которые могут находиться на разных стадиях разложения. Образец ветвей разделяется на ветви диаметром меньше 1 см и больше 1 см. Эта фракция, в отличие от предыдущих, относительно устойчива к разложению благодаря особенностям состава органических соединений и сохраняется в составе подстилки в течение нескольких лет;

4) шишки – генеративные органы хвойных растений, поступающие в состав подстилки ежегодно в результате опада. Так же как и ветви, они относительно устойчивы к разложению и сохраняются в составе подстилки длительное время;

5) остатки мхов и лишайников – поступают в состав подстилки в результате сезонного опада этих компонентов напочвенного покрова. Не теряют своего внешнего вида дольше, чем ежегодный опад зеленых частей трав и деревьев;

6) кора – это остатки коры древесных растений, поступающие в состав подстилки в результате естественного опада или в результате их отшелушивания с отпавших ветвей;

7) полуразложившаяся древесина – древесные остатки, поступающие в состав подстилки в результате отпада целых деревьев и находящиеся на стадии ферментации;

8) ферментированная масса – представляет собой растительные остатки, потерявшие свой внешний облик в такой степени, что их невозможно отнести ни к одной из вышеперечисленных фракций. Формируется за счет частично разложившихся остатков хвои, листьев, остатков трав, ветвей, шишек, опада мхов и лишайников;

9) труха – это фракция органического вещества, прошедшая через сито с диаметром отверстий 1 мм. Она представляет собой сильно разложившиеся растительные остатки всех вышеупомянутых фракций.

Для удобства фракционирование проводят на колонке сит с диаметром отверстий от 10 до 1 мм.

Если подстилка отбиралась без разделения на подгоризонты, это разделение можно провести при фракционировании. К подгоризонту О1 относят все компоненты, сохранившие свое строение (см. п. 1), к О2 – частично утратившие его, но узнаваемые при отнесении к той или иной фракции, и ферментированную массу, к О3 относят труху.

Фракционирование корневого материала

В толщу почвы растительные остатки попадают в результате ежегодного отпада частей корневых систем растений. Здесь, так же как и на поверхности почвы, существует запас растительных остатков, находящихся на разных стадиях разложения, но в отличие от подстилки они не формируют сплошной слой, а диффузно распределены в ее толще. Выделяют следующие фракции корневого материала:

1) корни живые (отдельно – имеющие диаметр до 1 см и больше 1 см) – это плотные, упругие корни с сердцевинной светлого цвета, с плотно прилегающей к древесине корой или тонкие, светлые корни травянистых растений;

2) корни мертвые – кора прилегает к древесине неплотно, сердцевина корня темного цвета или же полностью отсутствует, хрупкие;

3) фракция прочей мортмассы – включает в себя сильно разложившиеся растительные остатки, которые уже нельзя отнести ни к одной из вышеперечисленных фракций.

Каждая фракция взвешивается, определяется ее влажность при высушивании в течение 5 часов в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

4. Расчет запасов и фракционного состава растительных остатков в почве.

Запасы отдельных фракций растительных остатков рассчитываются по формуле

$$C = \frac{m \frac{100}{100+W}}{S} \times 0,01,$$

где m – вес фракции воздушно-сухом состоянии, г; W – влажность образца, %; $\frac{100}{100 + W}$ – формула пересчета на абсолютно-сухую навеску; S – площадь шаблона для взятия образца, м²; 0,01 – коэффициент пересчета в т/га.

Суммарный запас подстилки или корневого материала равен сумме запасов всех выделенных фракций.

Фракционный состав представляется в процентах от общего запаса, приходящихся на долю каждой из фракций.

Результаты исследований представляются в форме таблиц (табл. 1) или графически: циклограммы фракционного состава разных экосистем (рис. 1).

Таблица 1 – Результаты фракционирования лесной подстилки, г

Подгоризонт/ фракция	O1	O2	O3	Сумма
Листья/хвоя	+	+	–	
Травянистые остатки	+	+	–	
Ветви	+	+	–	
Шишки	+	+	–	
Остатки мхов/лишайников	+	–	–	
Кора	+	+	–	
Полуразложившаяся древесина	+	+	–	
Ферментированная масса	–	+	–	
Труха	–	–	+	
Сумма				

Примечание: + – показывает возможность присутствия компонента в данном слое.

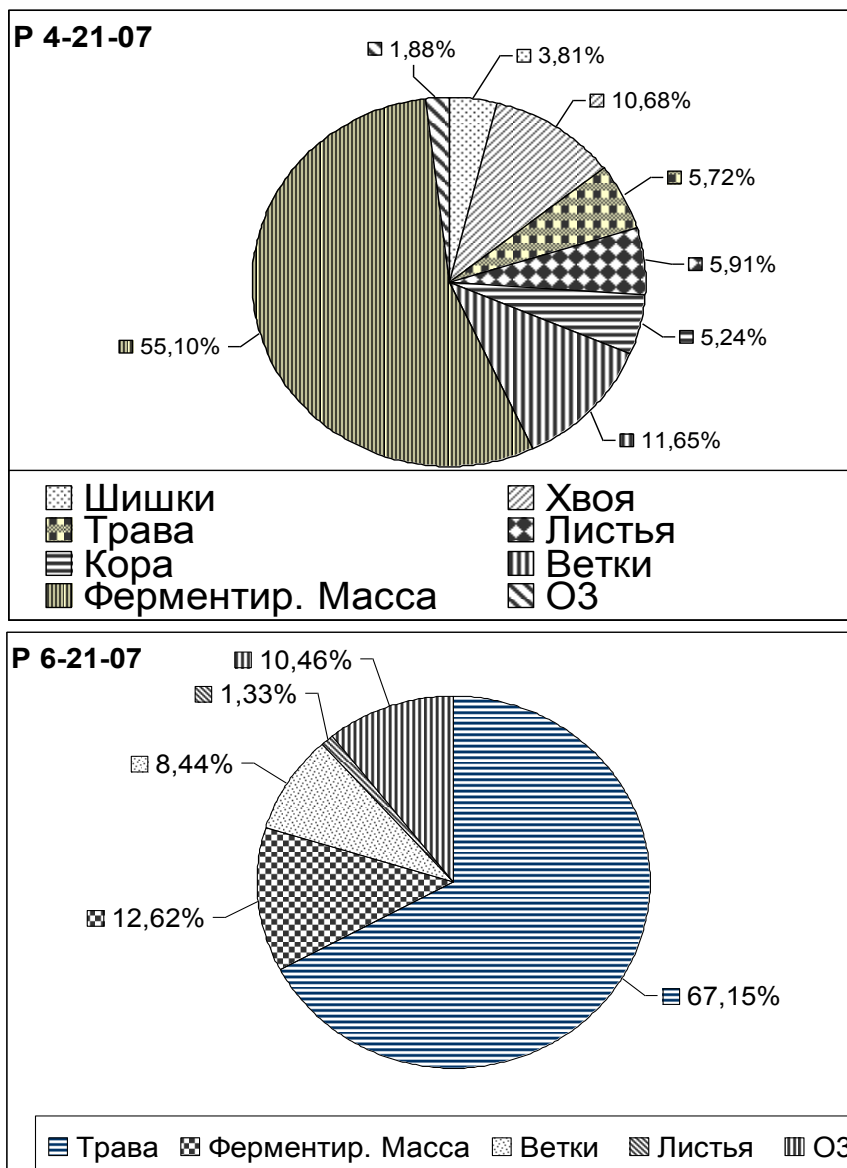


Рисунок 1 – Фракционный состав подстилки в разнотравном березняке (Р 6-21-07) и мелкотравном сосняке с примесью березы (Р 4-21-07)

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Лабораторное занятие 2

Определение максимальной гигроскопичности

Оборудование и материалы:

- 1) аналитические весы;
- 2) эксикаторы с краником;
- 3) H_2SO_4 – 10 % или K_2SO_4 – насыщенный раствор;
- 4) стеклянные бюксы;
- 5) образцы почв;
- 6) сушильный шкаф.

Метод насыщения почвы парами воды над 10 %-й серной кислотой (метод Митчерлиха-Качинского)

Максимальная гигроскопичность (МГ), определяемая по этому методу, соответствует количеству гигроскопической воды в почве, находящейся над 10 %-й серной кислотой (в эксикаторе), когда упругость пара в окружающем почву воздухе равна 94–96 % от насыщенного. Насыщение почвы парами воды продолжается до постоянного веса.

Ход работы

Из средней пробы воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями 1 мм, берут на аналитических весах две или три навески около 5 г каждая в стеклянный бюкс и помещают в эксикатор, на дно которого налит 10 %-й раствор серной кислоты. При этом раствора кислоты должно быть 100–300 см³, в зависимости от размера эксикатора и числа помещенных в него стаканчиков с почвой (2 мл 10 % H_2SO_4 на 1 г почвы).

Насыщение почвы парами воды идет быстрее, если из эксикатора выкачать воздух и поместить эксикатор в темное место. Колебания температуры воздуха в комнате не должны превышать 2 °С.

Через 7–8 дней бюксы вынимают из эксикатора, закрывают крышками и взвешивают на аналитических весах. В это время в эксикаторе

каторе меняют серную кислоту на новую порцию, затем бюксы опять помещают в эксикатор с открытыми крышками на 3–5 дней, после чего вновь взвешивают на аналитических весах. Операция насыщения почвы парами воды и контрольные взвешивания продолжают до постоянного веса бюксов (когда влажность между двумя последними взвешиваниями отличается в третьем десятичном знаке).

Бюксы вместе с почвой, насыщенной до максимальной гигроскопичности, помещают открытыми в сушильный шкаф и высушивают до постоянного веса при температуре 105 °С и взвешивают на аналитических весах.

Разность в весе между влажной и сухой почвой, выраженная в процентах, и будет максимальной гигроскопичностью.

Метод насыщения почвы парами воды над насыщенным раствором сернокислого калия (метод П.В. Николаева)

По этому методу вместо серной кислоты в эксикатор помещают насыщенный раствор с кристаллами сернокислого калия. При этом в воздухе эксикатора создается относительная влажность, равная 98-99 % от насыщенного состояния при данной температуре.

Ход работы

Открытые бюксы с навеской 5–8 г держат в эксикаторе 3–5 дней и затем их взвешивают. Работа заканчивается, когда два последних взвешивания будут отличаться не больше чем на несколько миллиграммов. В настоящее время метод Николаева имеет большое распространение.

Формула расчета поглощенной влаги, %,

$$MG = \frac{a - b}{b - c} 100,$$

где МГ – максимальная гигроскопия, %; а – вес бюкса с почвой перед высушиванием, г; в – вес бюкса с почвой после высушивания, г; с – вес пустого бюкса, г; 100 – выражение веса, г, влаги в %.

Форма записи результатов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Форма записи результатов

Разрез	Глубина, см	Номер бюкса	Вес пустого бюкса, г	Вес почвы, г	Вес бюкса с почвой, г				Поглощенная влага, г	
					перед насыщением	во время насыщения		перед высушиванием		после высушивания
						1	2			

В выводе отметить зависимость МГ от содержания гумуса и гранулометрического состава.

Лабораторное занятие 3

Определение внутриагрегатной порозности (метод парафинирования)

Материалы и оборудование:

- 1) аналитические весы;
- 2) сушильный шкаф;
- 3) медная проволока ($d = 0.1 \text{ мм}$);
- 4) парафин;
- 5) фильтровальная бумага;
- 6) спирт;
- 7) образцы почвы.

Ход работы

Фиксация крупных агрегатов. Из воздушно-сухой почвы отбирают 5 агрегатов диаметром около 10 мм. Каждый агрегат обвязывают крест-накрест тонкой медной проволокой ($d = 0,1 \text{ мм}$) определенной массы (для этого нарезают одинаковые куски длиной 25 см, взвешивают все вместе и рассчитывают массу каждого). На другом конце проволоки делают петлю.

Агрегаты взвешивают на аналитических весах до 0,001 г (p). Взвешивают и хранят незапарафинированные и запарафинированные агрегаты в подвешенном состоянии под своими номерами (при взве-

шивании номера снимают). Вычитая массу проволоки и учитывая коэффициент гигроскопичности, определяют массу абсолютно сухого агрегата.

Агрегаты фиксируют в парафине в четыре приема. Сначала погружают в стакан (или чашку) с расплавленным парафином, нагретым до 90–100 °С и выдерживают до прекращения выделения пузырьков воздуха (1–3 ч). Затем агрегат переносят во второй стакан с парафином, разогретым до 150–170 °С, выдерживают 15–20 мин для удаления остатков воздуха, расплавленный парафин входит в тонкие поры агрегата. В третьем стакане парафин разогрет до 50–60 °С. Здесь агрегат охлаждается, парафин сжимается и в поры втягивается дополнительное количество парафина, чем достигается более совершенная закупорка пор. Через 15–20 мин агрегат извлекают и охлаждают на воздухе. Охлажденный агрегат ополаскивают во втором стакане (150–170 °С) для удаления с поверхности пленки (опускают каждый агрегат отдельно и быстро вынимают). Каплю парафина, образовавшуюся снизу, снимают фильтровальной бумагой. После этого агрегаты должны иметь вид свежей, слегка увлажненной почвы.

Зафиксированные агрегаты взвешивают сначала на воздухе (p_2), а затем в этиловом спирте (p_3) (гидростатическое взвешивание). Вода не смачивает парафин, и поэтому при погружении в воду выделяются пузырьки воздуха, которые искажают результаты взвешивания, спирт полностью смачивает парафин и искажения не происходит.

Определяют ареометром плотность спирта (D).

Потеря в массе агрегата при взвешивании на воздухе и в спирте ($p_2 - p_3$) равна массе спирта в объеме агрегата. Рассчитывают объем спирта (объем агрегата):

$$V = \frac{p_2 - p_3}{D},$$

затем плотность агрегата:

$$d_V = \frac{p}{V},$$

где p – масса сухого агрегата, г, V – объем агрегата, см³.

Порозность агрегата:

$$P_a = \frac{d - d_V}{d} \cdot 100, \text{ или } P_a = \left(1 - \frac{p}{V \cdot d}\right) \cdot 100,$$

где d_V – плотность агрегата, г/см³; d – плотность твердой фазы агрегата, г/см³.

Рассчитывают порозность каждого агрегата, затем среднюю из повторностей. Характеризуя порозность агрегата данного образца или генетического горизонта, следует оценить ее не только по среднему значению, но показать и пределы варьирования (табл. 3).

Фиксация мелких агрегатов (5–0,5 мм). Из отсеянной фракции отбирают 10–20 агрегатов, все вместе взвешивают и раскладывают в коробочке из фильтровальной бумаги, в дне которой проделаны (иглой) небольшие отверстия.

Коробочку устанавливают на металлическую сетку и опускают в широкую чашку с расплавленным парафином при 100 °С. Сначала сетка лишь касается парафина, и агрегаты насыщаются капиллярно, после удаления большей части воздуха из пор агрегата сетку погружают в парафин. При прекращении выделения воздуха парафин охлаждают до 70–80 °С и извлекают коробочку.

Остывшие агрегаты отделяют от дна коробочки вместе с парафиновой корочкой и переносят на теплую этернитовую плитку, покрытую фильтровальной бумагой. Здесь агрегаты осторожно перекачивают по бумаге палочкой с резиновым наконечником, заостренным наподобие пера, до удаления с их поверхности парафиновой пленки. Правильно зафиксированные агрегаты не должны иметь незаполненных пор и парафиновой пленки на поверхности.

Запарафинированные агрегаты взвешивают в воздухе и в этиловом спирте в специальном стаканчике, приспособленном для свободного прохождения в него спирта. Сначала взвешивают пустой стаканчик для учета его веса, затем с агрегатами. Стаканчик полностью погружают в спирт, он не должен касаться стенок и дна стакана со спиртом.

Расчет порозности мелких агрегатов производится аналогично.

В выводе провести сравнение агрегатной порозности почв разного гранулометрического состава и разных генетических горизонтов.

Таблица 3 – Форма записи при определении порозности агрегата

Почва													
Горизонт, глубина													
Номер агрегата													
Масса воздушно-сухого агрегата, г													
Гигроскопическая влага, %													
Масса абс. сух. агрегата p, г													
Масса запарафинированного агрегата, г	на воздухе p ₂												
	в спирте p ₃												
Потеря в массе агрегата p ₂ – p ₃													
Плотность спирта D													
Объем агрегата V _a , см ³													
Плотность агрегата d _v													
Плотность твердой фазы d													
Порозность агрегата P _a													

Лабораторное занятие 4

Определение дифференциальной порозности методом расчета по Качинскому

Для расчета порозности необходимо знать основные характеристики почвы: плотность твердой фазы, плотность скелета почвы, максимальную гигроскопическую влажность, влажность завядания, общую влагоемкость.

Н.А. Качинский выделяет 9 категорий порозности:

1. Порозность общая ($P_{общ}$):

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

где d – плотность твердой фазы почвы, г/см³; d_v – плотность сложения почвы, г/см³.

2. Порозность агрегата (P_a):

$$P_a = \frac{d - d_v \cdot a_{зр}}{d} \cdot 100, \text{ или } P_a = \left(1 - \frac{P}{V \cdot d}\right) \cdot 100,$$

где p – масса сухого агрегата, г; V – объем агрегата, см³; $d_{vaгр}$ – плотность агрегата.

3. Порозность агрегатная (суммарная) ($P\Sigma aгр$):

$$P\Sigma aгр = \frac{Pa(100 - P_{общ})}{100 - Pa} .$$

При наличии порозности агрегатов разной крупности за Pa принимают среднее значение.

4. Порозность межагрегатная ($P_{м.агр}$):

$$P_{м.агр} = P_{общ} - P\Sigma aгр.$$

5. Объем пор, занимаемых прочносвязанной (максимально гигроскопической) водой ($P_{м.г.}$):

$$P_{м.г.} = (MG \cdot d_v) : 1,5,$$

где MG – максимальная гигроскопичность, % от массы; d_v – плотность сложения почвы; 1,5 – плотность максимально гигроскопической воды.

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

$$P_{р.с.в.} = [(BЗ - MG) \cdot d_v] : 1,25,$$

где $BЗ$ – влажность завядания растений, % от массы; 1,25 – плотность рыхло связанной воды.

7. Объем пор, занятых капиллярной водой (P_k):

$$P_k = (NB - BЗ) \cdot d_v,$$

где NB – наименьшая (полевая) влагоемкость при поливе водой сверху.

8. Объем пор, занятый водой всех категорий (P_w):

$$P_w = P_{м.г.} + P_{р.с.в.} + P_k.$$

9. Объем пор, занятых воздухом, – пор аэрации ($P_{аэр}$):

$$P_{аэр} = P_{общ} - P_w.$$

Ход работы

Используя данные таблицы 4, по заданию преподавателя рассчитайте 9 категорий порозности. Результаты представьте в виде таблицы (табл. 5) и графика (рис. 2).

Таблица 4 – Данные для определения дифференциальной порозности

№ п/п	Гори- зонг	Глубина взятия образца, см	d	d_v	d_v agr	МГ	ВЗ	НВ	ПВ
			г/см ³			% от веса почвы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощный типичный чернозем тяжелосуглинистый (Поволжье)									
1	A1	0–10	2,50	0,97	1,45	10,6	14,2	48,0	63
2		10–20	2,55	1,16	1,6	9,8	13,1	35,5	47
3		20–30	2,56	1,11	1,6	9,3	11,6	32,6	51
4		30–40	2,57	1,18	1,62	9,3	12,2	31,4	46
5		40–50	2,57	1,16	1,63	9,2	12,3	29,5	47
6	AB	50–60	2,63	1,21	1,73	8,9	11,7	29,3	45
7		60–70	2,62	1,21	1,73	7,9	11,1	27,7	45
8		70–80	2,62	1,24	1,77	8,0	10,7	26,3	43
9		80–90	2,61	1,22	1,71	7,9	10,2	26,0	43
10		90–100	2,65	1,25	1,7	7,5	10,4	25,6	42
11	B	100–110	2,68	1,26	1,75	7,4	9,5	25,6	42
12		110–120	2,69	1,26	1,75	7,8	9,5	24,7	42
13		120–130	2,70	1,26	1,75	8,3	9,5	23,9	42
14		130–140	2,70	1,30	1,82	8,5	9,6	23,6	40
15		140–150	2,70	1,37	1,82	8,8	9,6	23,3	36
16	C	150–160	2,70	1,42	1,95	9,1	10,1	22,7	33
17		160–170	2,70	1,46	1,95	9,4	10,7	22,1	31
Серая лесная тяжелосуглинистая почва (среднее Приангарье)									
18	A1	3–8	2,40	1,09	1,46	9,14	12,3	40,8	
19		8–12	2,39	1,31	1,60	9,14	12,3	32,2	
20	A2B	15–25	2,44	1,32	1,60	10,14	13,7	26,7	
21	B	30–40	2,43	1,46	1,87	9,53	12,9	25,1	
22		55–65	2,46	1,25	1,55	7,66	10,3	20,2	
23	BC	80–90	2,50	1,33	1,60	7,35	9,9	19,3	
24		150–160	2,46	1,29	1,58	8,86	12,0	23,3	

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чернозем южный супесчаный (Хакасия, Ширинский район)									
25	Ап	0–10	2,7	1,21	1,65	2,9	4,6	12,8	45
26		10–20	2,69	1,33	1,70	2,4	4,4	12,6	38
27	ВСк	20–30	2,71	1,37	1,72	2,4	4,5	11,1	36
28		30–40	2,76	1,38	1,73	2,5	4,1	12,8	36
29	С1	40–50	2,75	1,45	1,82	2,3	3,9	11,3	32
30		50–60	2,74	1,47	1,84	2,2	3,8	10,0	31
31		60–70	2,76	1,46	1,84	2,2	3,6	10,9	32
32		70–80	2,76	1,48	1,88	2,2	3,6	10,6	31
33		80–90	2,74	1,48	1,88	2,1	3,7	11,6	31
34		90–100	2,74	1,45	1,84	2,4	4,1	10,6	32

Таблица 5 – Дифференциальная порозность (название почвы)

Горизонт, глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения почвы, г/см ³	Объём твердой фазы, %	Порозность, %				Объём пор, занятых:					
				общая	агрегатная	агрегатная суммарная	межагрегатная	водой			ВОЗДУХОМ		
								прочносвязанной	рыхлосвязанной	капиллярной		ВСЕГО	

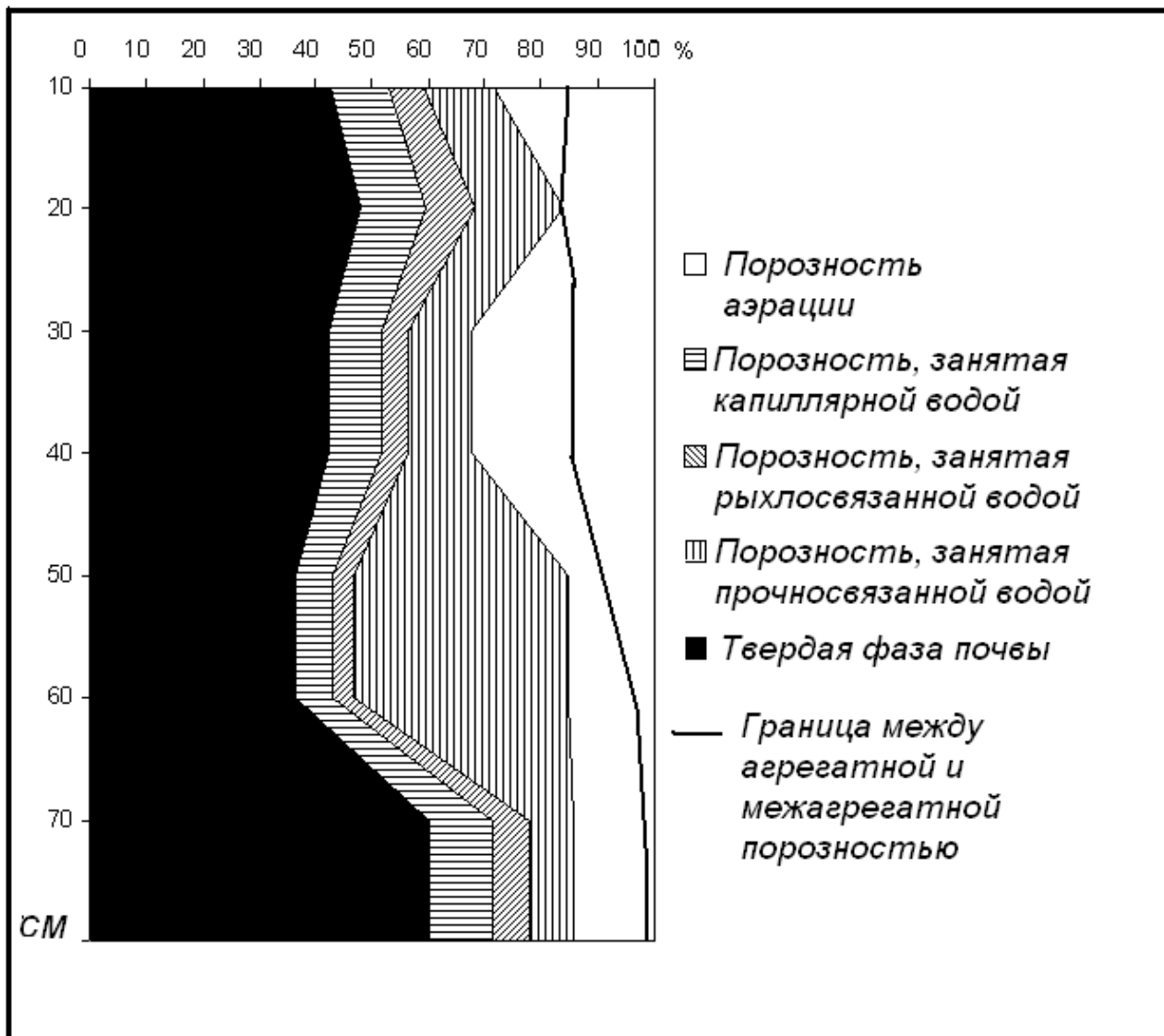


Рисунок 2 – График изображения дифференциальной порозности почвы, % от объема. Почва – чернозем выщелоченный, легкоглинистый, пылевато-иловатый

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВЫ

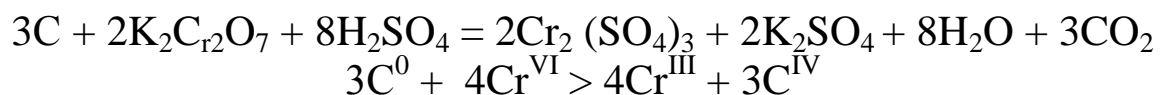
Лабораторное занятие 5

Определение углерода мокрым сжиганием по Тюрину в модификации Симакова

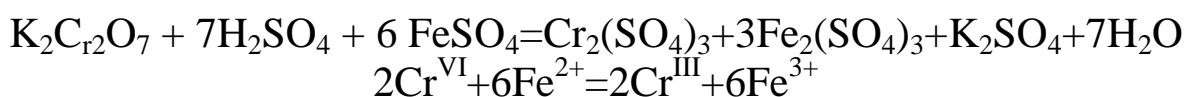
Содержание углерода в почвах может колебаться в значительных пределах как в вертикальном профиле отдельно взятой почвы, так и по генетическим типам почвообразования. Наиболее богаты органическим веществом черноземы, луговые и торфяные почвы, наиболее бедны почвы подзолистого ряда. В вертикальном профиле почвы максимальное содержание органического вещества приходится на органогенные горизонты (торфяной, лесную подстилку и т. д.), из минеральных горизонтов наиболее богаты органикой гумусово-аккумулятивные горизонты. С глубиной содержание органических веществ значительно уменьшается, а характер этого уменьшения является диагностическим признаком типа почвообразования.

Все методы определения общего содержания органического углерода построены на полном окислении органического вещества до углекислоты, количество которой определяют либо прямым методом (связывая CO_2 каким-либо поглотителем), либо косвенным (по расходу окислителя). Выбор метода осуществляется в зависимости от цели работы, объема анализируемых проб, возможностей лаборатории и особенностей почв.

Наиболее широко распространен метод мокрого сжигания Тюрина, который имеет несколько модификаций. Данный метод основан на окислении углерода гумуса почвы избытком бихромата калия по уравнению



Окисление происходит в сильно кислой среде и сопровождается восстановлением шестивалентного Cr в трехвалентный. О содержании углерода судят по остатку бихромата калия, не пошедшему на сжигание. Избыток бихромата в исследуемом растворе после окончания окисления перегоняют титруют раствором соли Мора:



По разности количества бихромата (мг-экв) до и после окисления находят содержание органического углерода в почве. Метод нельзя применять при содержании перегноя >15 %.

Выполнение определения. Пробу почвы массой 0,05–0,5 г, подготовленную путем тщательного отбора корешков и растирания в агатовой ступке до полного просеивания через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм, взвешивают с погрешностью не более 0,001 г. Величину навески определяют в зависимости от предполагаемого содержания перегноя и помещают в сухую колбу на 100 мл. О приблизительном содержании перегноя судят по окраске почвы (табл. 6).

Приливают к навеске бюреткой 10 мл 0,4 н раствора $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$ в разбавленной (1:1) серной кислоте, каждый раз спуская раствор от нулевого деления бюретки по каплям, чтобы вязкая жидкость полностью стекала со стенок бюретки (в течение 3 мин). Содержимое колбочек осторожно перемешивают круговыми движениями, чтобы частицы почвы не остались на стенках. Колбочки закрывают маленькими воронками-холодильниками и ставят в термостат при 140 °С на 20 мин. Одновременно с каждой партией образцов проводят «холостой опыт», т. е. в термостат помещают три колбочки на 100 мл с 10 мл $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$ без почвы.

Таблица 6 – Содержание перегноя в зависимости от окраски почв

Окраска почвы	Содержание перегноя, %	Величина навески, г
Очень черная	10–15	0,05
Черная	7–10	0,1
Темно-серая	4–7	0,2
Серая	2–4	0,3
Светло-серая	1–2	0,4
Белесая	0,5–1	0,5

В процессе окисления окраска меняется с оранжевой на буровато-коричневую. Если раствор зеленеет, это говорит о полном расхо-

довании хромовой кислоты и возможном недостатке ее на окисление гумуса. В таком случае определение повторяют, уменьшив навеску почвы.

По истечении 20 мин колбы вынимают, охлаждают до комнатной температуры и проводят определение содержания С титрованием или фотометрически.

Обмывают горло колбы из промывалки минимальным количеством дистиллированной воды, прибавляют 5–6 капель 0,2 %-го раствора фенилантраниловой кислоты и титруют 0,2 н раствором соли Мора до перехода вишнево-красной окраски в зеленую, обусловленную появлением в растворе ионов Cr^{3+} . Поскольку окраска индикатора изменяется резко, соль Мора под конец титрования приливают медленно, тщательно перемешивая титруемый раствор взбалтыванием после добавления каждой капли.

Обязательно проводят контрольный опыт, т. е. устанавливают объем раствора соли Мора, который идет на титрование контрольного объема раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Расчет. Исходя из результатов титрования, проводят расчет содержания органического углерода в почве, %:

$$C = \frac{(Y1 - Y2) \cdot n \cdot 0,003 \cdot 100}{a} ,$$

где $Y1$ – объем раствора соли Мора, идущий на титрование контрольного образца, мл; $Y2$ – объем раствора соли Мора, идущий на титрование избытка $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в испытуемой пробе, мл; n – нормальность раствора соли Мора; a – навеска почвы, г; $0,003$ – кол-во С в г соответствующее одному мг-экв.

Таблица 7 - Форма записи результатов

Номер образца	Горизонт, глубина, см	Навеска возд.-сух. почвы, г	Объем $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, мл	Соль Мора		С, % на возд.-сухую почву	С, % на сухую почву
				нормальность	объем, мл		

Чтобы перевести результаты анализа на сухую навеску,

необходимо полученную величину умножить на коэффициент гигроскопичности. Зная валовое количество органического углерода можно приблизительно оценить содержание в почве гумуса. Для этого чаще всего используют коэффициент 1,724, отвечающий среднему содержанию углерода в гуминовых кислотах (58 %). Данный коэффициент предложен Э.Вольфом в 1864. Однако, современные исследования органического вещества почв показали, что содержание углерода в гумусе может значительно колебаться, в зависимости от группового состава гумуса, поэтому пересчет на гумус при помощи данного коэффициента дает лишь условную величину.

Реактивы:

- 1) 0,4 н. раствор $K_2Cr_2O_7$ в разбавленной (1:1) серной кислоте.
- 2) 0,2 н. раствор соли Мора
- 3) раствор фенилантрониловой кислоты.

Определение нормальности соли Мора по 0,1 н. раствору $KMnO_4$. В три конические колбы емкостью 250 мл мерным цилиндром приливают по 1 мл H_2SO_4 (пл. 1,84), отмеряют бюреткой 10 мл раствора соли Мора, прибавляют 50 мл дистиллированной воды и титруют 0,1 н. раствором $KMnO_4$ на холоду до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин. Нормальность рассчитывают по формуле

$$N1 = N2 V2 / V1,$$

где $V2$ – объем раствора $KMnO_4$, мл; $N2$ – нормальность раствора $KMnO_4$; $V1$ – объем соли Мора, мл.

Фотометрический вариант метода И. В. Тюрина

Фотометрический вариант данного метода делает его более экономичным. После взаимодействия бихромата калия с почвой измеряют оптическую плотность раствора в области длин волн, соответствующей максимуму поглощения излучения Cr^{3+} (584–594 нм), определяют содержание Cr^{3+} и эквивалентное ему количество органического углерода.

Применение фотометрического метода для определения

органического углерода по количеству образовавшегося Cr^{3+} позволяет не устанавливать исходное количество бихромата калия, взятое для окисления гумуса в навеске почвы. Отпадает необходимость в титровании исходного раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, к навеске почвы раствор бихромата можно приливать мерным цилиндром. Измерения проводятся с помощью фотоэлектроколориметра ФЭК (рис. 3).



Рисунок 3 – Фотоэлектроколориметр КФК-2 УХЛ 4.2

Выполнение определения. Отбор проб и окисление С происходит, как и в титриметрическом варианте, после чего содержимое колб разбавляют дистиллированной водой до объема 100 мл. Смесь тщательно перемешивают и ставят на сутки для оседания почвенных частиц и осветления раствора. Раствор над осадком сливают в кювету фотоэлектроколориметра (ФЭК), не взмучивая частицы почвы, и колориметрируют в области 590 нм, используя оранжевый или красный светофильтр.

Нулевую отметку на шкале прибора устанавливают по воде или

по раствору контрольного опыта. В последнем случае в левое плечо ФЭКа помещают кюветы с водой, в правое – кювету с контрольным раствором и устанавливают стрелку гальванометра на нуль нейтральными оптическими клиньями. Затем в правое плечо прибора помещают кювету с испытуемым раствором и измеряют оптическую плотность (D) с помощью правого барабана. Измерение D можно производить на авторегистрирующем спектрофотометре, записывая поглощения в области 390 нм.

Для построения калибровочного графика можно использовать раствор глюкозы с содержанием углерода 1 мг/мл. В конические колбы приливают 2,5 – 5,0 – 10,0 – 15,0 – 20,0 мл раствора глюкозы, раствор выпаривают досуха, приливают 10 мл раствора бихромата калия, нагревают при температуре 140 °С 20 мин, разбавляют до 100 мл, оставляют на ночь и затем определяют оптическую плотность калибровочных растворов.

Расчет: По калибровочному графику определяют концентрацию углерода в образцовом растворе и это значение подставляют в формулу

$$\%C = \frac{100}{n} \cdot K_{гигр} \cdot \frac{C}{1000},$$

где 100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы; n – навеска почвы, взятая на определение, г; $K_{гигр}$ – коэффициент пересчета на сухую навеску; C – концентрация углерода по калибровочному графику.

Лабораторное занятие 6

Колориметрическое определение фосфора по фосфорномолибденовой сини

Метод основан на восстановлении Mo^{VI} фосфорномолибденовой гетерополикислоты $\text{H}_3[\text{P}\text{Mo}_{12}\text{O}_{40}]$ двухлористым оловом с образованием «молибденовой сини» – окрашенного в синий или голубой цвет комплекса фосфорномолибденовой кислоты.

Так как молибден гетерополикислоты восстанавливается легче, чем молибден молибдата, получают эту кислоту, внося в анализируемую пробу кислый раствор молибденовокислого аммония. Раствор должен быть кислым, поскольку гетерополикислота образуется только в кислой среде. В щелочной среде гетерополикислота полностью

разлагается, образуя соли фосфорной и молибденовой кислоты. В сильноокислых растворах она также неустойчива. Поэтому кислотность среды, т. е. количество кислоты в растворе, должна быть оптимальной.

Другим условием образования окрашенного комплекса считается концентрация молибдена в растворе. При избытке молибд-анионов могут образовываться две сини: фосфорномолибденовая и молибденовая, что ведёт к ошибке определения, так как количественное определение фосфора основано на учёте содержания в растворе фосфорномолибденовой сини.

Восстановление молибдена проводят двухлористым оловом, аскорбиновой кислотой и многими другими восстановителями. Разные восстановители дают разные продукты восстановления фосфорномолибденовой гетерополикислоты и обеспечивают разную чувствительность метода.

Определение легкорастворимых фосфатов в вытяжке Кирсанова

В вытяжке Кирсанова определяют содержание доступных для питания растений легкорастворимых фосфатов кислых почв: подзолистых, дерново-подзолистых, подзолисто-болотных, серых лесных и др.

Фосфаты извлекают из почвы 0,2 н. раствором HCl (pH 0,74) при отношении почвы к раствору 1:5, минутном взбалтывании и 15-минутном отстаивании. В торфяных горизонтах подзолисто-болотных почв пользуются соотношением 1:50. В вытяжку переходят преимущественно фосфаты кальция и магния, а также некоторая часть фосфатов полуторных окислов.

Увеличив навеску почвы до 10 г, в этой же вытяжке поточным методом определяют калий на пламенном фотометре.

Выполнение определения. 5 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито (1 мм), помещают в коническую колбочку емкостью 100 мл и приливают 25 мл 0,2 н. раствора HCl. Взбалтывают содержимое колбочки 1 мин, оставляют стоять 15 мин и фильтруют раствор через беззольный фильтр.

Берут пипеткой часть фильтрата, помещают в мерную колбу емкостью 50 мл и разбавляют дистиллированной водой до 40–45 мл. Приливают 2 мл 2,5 %-го раствора молибденовокислого аммония в

серной кислоте и перемешивают содержимое колбы круговым движением. Прибавляют 3 капли раствора хлористого олова, доводят объем раствора водой до метки, закрывают чистой сухой пробкой и перемешивают 3–4-кратным перевертыванием колбы.

Сравнение окрасок проводят спустя 5–10 мин после добавления восстановителя фотометрическим методом. Если окраска окажется слишком слабой, определение повторяют с большим количеством вытяжки или же взятый объем помещают в мерную колбу меньшего объема, соответственно уменьшая количество растворов молибденовокислого аммония и хлористого олова.

Если окраска раствора не чисто-синяя, а мутно-зеленоватая (что может быть связано с малым содержанием P_2O_5 , избытком Fe^{3+} или присутствием органических веществ), следует повторить окрашивание с большим количеством вытяжки или восстановить Fe^{3+} металлическим алюминием, или же окрашенные вытяжки предварительно обесцветить активированным углем и сильно разбавить.

Приготовление серии эталонных растворов. Готовый эталонный раствор берут в мерные колбы на 50 мл, в 1-ю – 1 мл эталонного раствора, во 2-ю – 2 мл и так далее до 7 мл. Содержание P_2O_5 в каждом соответствует 0,01 мг/мл; 0,02 мг/мл; ...0,07 мг/мл. В колбы приливают немного дистиллированной воды, по 2 мл молибденовокислого аммония и по 3 капли раствора олова, доводят водой до метки и взбалтывают. Дают несколько минут установиться окраске. На ФЭКе определяют численный показатель для каждого эталонного раствора, определение ведут при красном светофильтре (для КФК-2 670 нм). По данным строят шкалу содержания P_2O_5 .

Расчет. Величину P_2O_5 в опытных образцах определяют, нанося результат полученный на ФЭКе на эталонную шкалу. Данные вводят в формулу пересчета на подвижный фосфор:

$$P_2O_5 = \frac{a \cdot V \cdot 100}{V1 \cdot z} \cdot K,$$

где a – концентрация вытяжки по калибровочному графику, мг/мл; V – общий объем вытяжки; $V1$ – объем аликвотной части, взятой для определения; z – навеска воздушно-сухой почвы, г; K – коэффициент пересчета результатов на сухую почву; 100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Об обеспеченности почв доступными легкорастворимыми фосфатами судят по показателям, приведённым в табл. 8.

Таблица 8 – Обеспеченность почв доступными фосфатами, мг P_2O_5 на 100 г почвы, по содержанию их в вытяжке Кирсанова

Обеспеченность	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	3–8	8-15	15–20
Средняя	8–15	15-20	20–30
Высокая	> 15	> 20	> 30

Реактивы:

- 1) 0,2 н. раствор HCl;
- 2) 2,5%-й раствор молибденовокислого аммония в 10 н. H_2SO_4 ;
- 3) 2,5%-й раствор двухлористого олова $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ в 10 %-м растворе HCl;
- 4) основной эталонный раствор с концентрацией P_2O_5 0,01 мг/мл.

Определение легкорастворимых фосфатов в вытяжке Чирикова

Данный метод используют для определения легкорастворимых фосфатов в нейтральных почвах, не содержащих карбонаты. Фосфаты извлекаются из почвы 0,5 н. раствором уксусной кислоты (рН 2,55) при отношении почвы к раствору 1:25 с часовым взбалтыванием и суточным отстаиванием. В результате в вытяжку переходят легкорастворимые фосфаты кальция, часть фосфатов алюминия и часть органических соединений фосфора. При поточном методе в этой же вытяжке определяют калий на пламенном фотометре.

Выполнение определения. 4 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито в 1 мм, помещают в колбу и приливают 100 мл 0,5 н. раствора CH_3COOH . Взбалтывают на ротаторе в течение часа и оставляют на сутки. Суточное отстаивание можно заменить 2-часовым взбалтыванием.

Затем вытяжку фильтруют через плотный складчатый фильтр; первые порции фильтрата отбрасывают, так как они содержат примеси. Отфильтрованная вытяжка должна быть совершенно прозрачной, мутную вытяжку перефильтровывают через тот же фильтр до получения прозрачного раствора.

В зависимости от предполагаемого содержания фосфора берут 5-20 мл вытяжки, помещают в мерную колбочку на 50 или 100 мл и производят окрашивание молибденовокислым аммонием в присутствии хлористого олова (см. определение по Кирсанову).

Обеспеченность почв доступными фосфатами представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Обеспеченность почв доступными фосфатами, мг P_2O_5 на 100 г почвы, по содержанию их в вытяжке Чирикова

Обеспеченность	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	< 2	< 5	< 10
Низкая	2–5	5–10	10–15
Средняя	5–10	10–15	15–20
Высокая	> 10	> 15	> 20

Реактивы:

- 1) 0,5 н. раствор уксусной кислоты;
- 2) реактивы для определения P_2O_5 (см. определение по Кирсанову).

Определение легкорастворимых фосфатов карбонатных почв в вытяжке Мачигина

Данный метод используется для определения легкорастворимых фосфатов, доступных для питания растений в карбонатных почвах – черноземах, сероземах, горно-степных, каштановых, перегнойно-карбонатных и т. д. Фосфаты извлекаются из почвы 1 %-м раствором углекислого аммония (рН 9,0) при отношении почвы к раствору 1:20 с часовым взбалтыванием. В вытяжку переходят моно- и дифосфаты кальция, в небольшом количестве органические соединения фосфора и малорастворимого трифосфата кальция.

Выполнение определения. 5 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями 1 мм, помещают в колбу на 200-250 мл. Приливают 100 мл 1 %-го раствора $(NH_4)_2CO_3$, закрывают пробкой и взбалтывают на ротаторе 1 час. Затем вытяжку фильтруют через плотный беззольный фильтр. Бесцветную или слабоокрашенную органическим веществом вытяжку непосредственно используют для ко-

лориметрирования. В зависимости от предполагаемого содержания фосфора берут до 20 мл вытяжки и помещают в мерную колбу на 50 или 100 мл. Окрашивание можно производить по молибденовокислороду аммоний или аскорбиновым методом.

Обесцвечивание вытяжки. Если почвенная вытяжка сильно окрашена органическим веществом (гуминовыми и фульвокислотами), её обесцвечивают перманганатом калия. Для этого берут 15 мл приготовленной вытяжки, переносят в коническую на 100 или мерную колбу на 50 мл из термостойкого стекла и добавляют 2 мл смеси серной кислоты и перманганата калия. Колбу нагревают на асбестовой сетке или песчаной бане и медленно кипятят в течение 2 мин с момента закипания. Избыток перманганата калия (характерная краснофиолетовая окраска раствора) после кипячения удаляют, добавляя по каплям из бюретки 5–10 % раствор глюкозы. После охлаждения производят окрашивание и колориметрирование.

Обеспеченность почв доступными для питания растений фосфатами представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Обеспеченность почв доступными фосфатами, мг P_2O_5 на 100 г почвы, по содержанию их в вытяжке Мачигина

Обеспеченность	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные культуры
Очень низкая	< 1,0	< 1,5	< 3,0
Низкая	1,0–1,5	1,5–3,0	3,0–4,5
Средняя	1,5–3,0	3,0–4,5	4,5–6,0
Высокая	> 3,0	> 4,5	> 6,0

Реактивы:

- 1) 1 %-й раствор $(NH_4)_2CO_3$;
- 2) реактивы для определения P_2O_5 (см. определение по Кирсанову);
- 3) смесь серной кислоты и перманганата калия: а) в мерную колбу 1 л наливают 650–700 мл дистиллированной воды и осторожно при постоянном помешивании приливают из цилиндра 160 мл H_2SO_4 (пл. 1,84), раствор охлаждают, доводят водой до метки и тщательно перемешивают.

ют; б) 17,5г KMnO_4 (х.ч.) растворяют дистиллированной водой в мерной колбе на 1 л. В день проведения анализа требуемое количество KMnO_4 смешивают с раствором серной кислоты в соотношении 2,5:1.

Аскорбиновый метод определения легкорастворимых фосфатов в модификации А.Н. Орловой и Ю.В. Соколовой

Аскорбиновая кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ обладает восстановительными свойствами и применяется для восстановления молибдена и других металлов.

Готовят реактив С. Этот реактив для метода Кирсанова готовят, растворяя 168 мл реактива Б в воде и доводя раствор до 1 л. Для метода Чирикова – 178 мл реактива Б доводят водой до 1 л; для метода Мачигина – 200 мл реактива Б доводят водой до 1 л.

Выполнение определения. Реактив С используют следующим образом: метод Кирсанова – к 5 мл вытяжки, помещенным в мерную колбу емкостью 100 мл, приливают 95 мл реактива С; метод Чирикова – к 10 мл вытяжки приливают 90 мл реактива С; метод Мачигина – к аликвотной части вытяжки, нейтрализованной по β -динитрофенолу приливают реактив С до метки. Далее во всех случаях раствор перемешивают и оставляют стоять 10 мин для развития окраски, после чего проводят определение P_2O_5 .

Реактивы:

1) реактив А. Раствор молибденовокислого аммония и раствор сурьмяновиннокислого калия приливают к 100 мл 5 н. H_2SO_4 , хорошо перемешивают и доводят дистиллированной водой до 2 л;

2) реактив Б. Растворяют 1,056 г аскорбиновой кислоты в 200 мл реактива А.

4. СТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

Методы изучения водного режима почв (решение практических задач)

Конспект теории

Существует два подхода к определению влажности:

1. Первый основан на извлечении из каждого слоя почвы образца, в котором тем или иным методом определяется влажность (сушкой инфракрасными лучами, пикнометрическим, карбидным, гравиметрическим, спиртовым и др.), но наиболее широко применимым является термостатно-весовой метод.

2. Второй предусматривает определение влажности почвы в ее естественном залегании, для чего в каждом слое почвы установлен постоянный датчик (соединенный с измерительным прибором), с помощью которого в любой момент времени можно измерить влажность почвы в точке его установки. Преимущества данного метода: возможность многократных определений влажности в одной и той же точке; быстрота определений.

Мы остановимся на определении влажности, основанные на взятии образцов с помощью бурения. При бурении образцы берутся полойно, подряд, без пропуска. В неслоистой однородной по гранулометрическому составу толще мощность этих слоев может составлять 10 см, а для самого верхнего слоя, в котором влажность меняется наиболее сильно – 5 см (0–5 и 5–10 см). Аналогичным образом в почву вводятся датчики для определения влажности в естественном залегании.

Если профиль обладает слоистостью или имеет явно выраженную дифференциацию по элювиально-иллювиальному типу (подзолистые почвы, солонцы), то образцы лучше брать не из скважины, а из стенки прикопки (узкого микрошурфа, глубиной обычно около 0,5 м).

Глубина определения влажности зависит от целей исследования и особенностей водного режима почв в пункте наблюдений. Если устанавливается тип водного режима (генетико-гидравлические исследования), то исследуется почвенно-грунтовая толща до грунтовых или почвенно-грунтовых вод (чтобы охватить годовые или многолетние изменения влажности). При очень глубоком залегании грун-

товых вод (6–8 м) глубина исследований должна превышать глубину корнеобитаемого слоя не менее чем на 2 м. Под грунтовыми водами имеются в виду воды с постоянным зеркалом, не верховодка.

При изучении влагообеспеченности растений (опытно-агрономические исследования) глубина определений должна охватывать весь корнеобитаемый слой почвы и часть нижележащего, из которого влага подтягивается к корням. Но для правильной постановки опыта необходимо предварительно выяснить общие черты водного режима (глубину залегания грунтовых вод и мощность капиллярной каймы (КК)). Обычно КК для глинистых и суглинистых почв не превышает 3–4 м, супесчаных и легкосуглинистых – 2 м, песчаных 0,5 – 1 м.

Продолжительность, частота и сроки наблюдений также всецело зависят от целей исследования. При генетико-гидрологических исследованиях необходимо предварительно изучить многолетние данные ближайших метеостанций и установить наличие многолетней цикличности этих показателей, чтобы выяснить к какой части многолетнего цикла колебаний условий увлажнения (влажной или сухой) будет предположительно относиться период наблюдений. Рекомендуется охватить наблюдениями весь цикл, т. е. от 5–6 до 15–18 лет.

Обычно наблюдения ведутся круглогодично. Только при эпизодических опытно-агрономических исследованиях можно ограничиваться вегетационным периодом или продолжительностью опыта. В теплое время года наблюдения ведут чаще (больше изменчивость влажности). Первое наблюдение рекомендуется делать незадолго до начала снеготаяния, второе после снеготаяния, после того, как влага, поступившая в почву, придет в равновесное состояние. Дальнейшие исследования ведут в соответствии с их задачами и особенностями объектов. Под естественной растительностью третье наблюдение можно произвести в момент начала вегетации наиболее ранних растений и в дальнейшем – до конца вегетации раз в декаду или в две недели.

Если условия увлажнения отчасти изучены или наблюдения проводятся в обстановке засушливого климата, их частоту можно сократить, особенно летом, сохранив более частые определения весной и осенью. При резком изменении влажности проводят дополнительные определения (после выпадения обильных осадков, полива).

Зимние определения. В случае теплой зимы, без устойчивого промерзания определения влажности проводят не реже двух раз в месяц. В случае холодной – 2–3 раза за зиму.

Под культурной растительностью после первых двух сроков определения проводят ежедекадно или применительно к фазам развития. После уборки влажность определяют ежемесячно до зимы.

Повторность определений (число скважин) устанавливают в зависимости от степени неоднородности почвенного покрова, неоднородности растительности и целей исследования. ***Повторность устанавливается в каждом конкретном случае.*** Для этого при организации наблюдений сначала производят многократные определения влажности с большой повторностью (не менее чем 30-кратной) и путем статистической обработки находят степень варьирования, точность определения и необходимую повторность. Если уже имеются данные по определению влажности не менее чем в 20 сроков (целый год), то обрабатываются эти данные.

В качестве общей придержки, рекомендуемая повторность в метровой толще неорошаемых почв не менее чем 5-кратная, в более глубоких слоях не менее 3-кратной. По мере накопления данных необходимая повторность уточняется. Для орошаемых почв берется большая повторность, так как полив (особенно по бороздам) увеличивает пространственное варьирование влажности. Например, на тяжелосуглинистых предкавказских черноземах рекомендуется 8–34-кратная повторность, скважины располагают вдоль борозд на разном расстоянии от места пуска воды.

Принципы выбора наблюдательных площадок и расчет их размера уже рассматривался нами ранее. Часто при малых размерах почвенных контуров каждые 1–2 года приходится менять наблюдательную площадку на другую с аналогичными почвами. Предварительно их необходимо сравнивать между собой в отношении распределения влажности и запаса влаги. Выбирать новую площадку нужно в конце лета или начале осени, в момент высокой сухости, и одновременно (за один день) нужно определить влажность на старой и новой площадках. Второе одновременное определение проводят весной после снеготаяния (момент высокой влажности). Если между площадками нет значительных различий, можно переносить наблюдения. Но на новой площадке, так же как и на старой, необходимо производить комплекс сопутствующих определений. Для этого предусматривается площадь для почвенного шурфа, заливных площадок и т. д.

В севообороте наблюдения должны охватывать, как минимум, одну ротацию. На различных участках наблюдения проводятся после уравнительного посева по всем участкам (высеивается одна культура)

Размещение скважин при длительных исследованиях осуществляется двумя способами: 1) скважины при каждом определении влажности размещают таким образом, чтобы равномерно охватить всю наблюдательную площадку (данный способ более охватывает варьирование показателя, но подвергает площадку сильному вытаптыванию); 2) скважины при каждом определении влажности размещают с одного края площадки, и их ряды постепенно перемещаются к другому краю. Расстояние между скважинами смежных сроков должно быть не менее 2 м.

В лесу молодые, густо растущие деревья не создают дополнительной пестроты влажности. Сильное варьирование наблюдается в насаждениях среднего и старшего возраста, особенно в сосняках на песчаных почвах. Общая рекомендация для данных случаев – располагать скважины вдоль радиусов, идущих от ствола к периферии кроны и межкроновым пространствам.

На опытных делянках или полях с рядовым посевом скважины располагают в рядах и междурядьях. Расположение и число скважин зависит от фазы развития культуры и ширины междурядья. При гнездовом посеве скважины располагают по радиусам от центра гнезда.

В лесополосах скважины располагают профилями, секущими лесную полосу. Если необходимо выявить влияние на прилегающие межполосные пространства, профили продолжают на расстояние равное 15–20-кратной высоте полосы. В пределах этого расстояния скважины располагают не равномерно, а увеличивая расстояние между ними по мере удаления от полосы.

При работе в условиях неоднородного почвенного покрова во избежание снижения качества материала рекомендуется сократить частоту наблюдений (до 1 раза в месяц в теплое время и до 2 раз за зиму), увеличив число скважин и их повторность.

Весовой метод определения влажности. Образцы почв берутся буром в специальные пронумерованные алюминиевые стаканчики (бюксы), предварительно высушенные и взвешенные. Нумерация должна быть сплошной, и номер крышки – совпадать с номером бюкса. Бюксы помещают в специальные двусторонние ящички и размещают по порядку номеров. В дождливые дни от отбора образцов

лучше воздержаться, а при необходимости отбора – защищать образцы и бюксы с помощью пленки, геодезического зонта и т. д.

После взятия образца бур очищают от остатков почвы на кусок мешковины для последующей забивки скважины. При бурении необходимо следить за метками на буре и его строго вертикальным погружением. Для предупреждения вытаптывания рекомендуется бурить на специальных мостках. После бурения скважина засыпается и отмечается колышком.

Взвешивают стаканчики на технических весах с точностью до 0,01 г. Сушат в сушильном шкафу (термостате) при температуре 105 °С в течение 8 часов (торфяные почвы – 12, песчаные – 3). Продолжительность сушки можно установить эмпирически, пока разница в весе не будет превышать 0,02 г.

Рассчитывают влажность по следующей формуле:

$$W = (B1 - B2) / (B2 - B0) \cdot 100,$$

где (B1 – B2) – потеря в весе; (B2 – B0) – вес абсолютно сухой почвы. Можно доводить бюксы до постоянного веса подпиливанием или нанесением белил.

Первичная обработка данных по влажности. Проводят с применением методов вариационной статистики. Упрощенный способ состоит в простом пересмотре цифр, относящихся к данному слою. Каждая цифра сопоставляется с другими – предшествующими и последующими. Начинают с вертикального ряда цифр (изменчивость влажности по профилю). Затем проводят сравнение в горизонтальном ряду. Далее исследуют изменения во времени. При контроле и выбраковке цифр учитывают местоположение скважин, характер растительности и морфологическое строение профиля. Полученные результаты сравнивают с гидрологическими константами (НВ, ВЗ, КВ).

Далее рассчитывают среднюю влажность по слоям. Ее можно выражать в процентах от веса почвы (весовая влажность), но это неудобно при сравнении почв разного гранулометрического состава. Поэтому чаще применяют выражение в процентах от объема (объемная влажность):

$$W_v = W_m \cdot d_v.$$

Для расчета запасов влаги (ЗВ) проценты влажности переводят в мм водного слоя:

$$\text{ЗВ} = W_m \cdot d_v \cdot h / 10.$$

Далее рассчитывают запасы влаги по полуметровым слоям.

Наблюдения и измерения, сопутствующие определению влажности

Характеристика климатических и погодных условий. Для этого используются многолетние метеорологические данные ближайших метеостанций. *Учет осадков* в период наблюдений проводится путем измерения их количества с помощью осадкомеров (наиболее распространены осадкомеры Третьякова). В зимнее время, помимо стандартного учета осадков осадкомерами, предусматривается наблюдение за снежным покровом с помощью постоянных снегомерных реек и периодических снегомерных съемок, которые производятся через каждые 10 м, а также измерения плотности снега с помощью плотномера.

Наблюдения за *промерзанием и оттаиванием* почвы ведут во время бурения. Кроме этого применяют мерзлотомер Данилина, представляющий собой помещенную в футляр резиновую трубку с дистиллированной водой. Но в данном случае нужно учитывать, что почвенный раствор замерзает при более низких температурах, нежели вода. Температура глубоких слоев почвы определяется с помощью ртутных вытяжных термометров, термопар. Для верхних слоев используют комплект почвенных термометров Савинова.

Наблюдения за уровнем грунтовых вод и почвенной верховодкой можно вести в скважинах для определения влажности, если они достигают данный уровень. Но такие скважины необходимо периодически прочищать, так как они подвержены заплыванию. Глубина наблюдательных постоянных скважин должна на 0,5–1 м превышать наиболее возможную глубину понижения зеркала грунтовых вод. В такие скважины помещаются бетонные или пластмассовые трубы с фильтром.

Измерение испарения. Для измерения эвапотранспирации (Э) (физическое испарение + десукция + испарение осадков с поверхности растений) применяют испарители – металлические цилиндры различного размера со съемным дном, «заряжаемые» почвенными монолитами с растениями или без них. Высота цилиндров может быть 50 и 100 см.

$$\Xi = (B_0 - B_1 - P) / \Pi \cdot 10 + O_c, \text{ мм,}$$

где $(B_0 - B_1)$ – изменение веса испарителя; P – количество воды, просачивающийся через монолит в водосборный сосуд; Π – площадь испарительной поверхности (500 см^2); O_c – количество осадков, выпавших за период между взвешиваниями, мм.

Для определения величины суммарного и физического испарения, а также величины инфильтрации влаги в грунтовые воды (для близких грунтовых вод с уровнем менее 5 м) и поступления ее из грунтовых вод в зону аэрации используют *почвенные испарители – лизиметры*. Такие лизиметры представляют собой почвенный монолит с ненарушенной структурой с моделью водоносного слоя, заключенный в футляр специальной конструкции. Величина суммарного испарения из почвы между двумя сроками наблюдения определяется аналогично приведенному выше уравнению. Конструкция лизиметров позволяет измерить испарение из почвы за отрезки времени не менее 5 суток в период активной вегетации и не менее 10 суток в остальное время теплого сезона года, а расход из грунтовых вод и пополнение их ежедневно. В лизиметрах с испаряющей площадью 2000 см^2 может произрастать любая культура, кроме хлопчатника, и любая естественная растительность. Высота лизиметров, в зависимости от уровня грунтовых вод, может быть 105, 155, 205 и 255 см. Уровень «грунтовых вод» в монолите может поддерживаться водорегулирующим устройством на уровне грунтовых вод под окружающей территорией или на глубине, необходимой для данного опыта: 0,8–1 м; 1,3–1,5 м; 1,8–2,0; 2,3–2,5 м.

Для целесообразного размещения приборов и оборудования для комплексных водно-балансовых и агрометеорологических наблюдений устраивают специальный *водно-балансовый полигон*, состоящий из водно-балансовой, почвенно-испарительной и тепло-балансовой площадок.

Изучение физических и водно-физических свойств почв. Для правильной интерпретации и полноценного использования результатов наблюдений необходимо знать количественные характеристики некоторых физических и водных свойств. Это УВ, УП, ОВ, П, МАВ, МГ, ВЗ, ВРК, ВДП (водопроницаемость), НВ, КВ, ПВ, ВС (водоподъемная способность).

Графическое выражение данных по влажности. Наиболее наглядно передают информацию за длительный период времени *хроноизоплеты и топоизоплеты*. Профиль или кривая распределения влажности помогает сопоставить влажность различных слоев в определенный момент времени. Часто используют график изменения запасов влаги по полуметровым слоям.

Почвенно-гидрологические расчеты по результатам опыта должны заканчиваться составлением уравнения водного баланса – количественного выражения водного режима почвы.

Задание

Составить план мероприятий по изучению водного режима, определить размеры наблюдательной площадки и схему её расположения для следующих условий:

1. Сухобузимский район Красноярского края, насаждения сосны обыкновенной в возрасте 40 лет. Почва дерново-подзолистая. Цикл наблюдений – 15 лет.

2. Ширинский район республики Хакасия. Лесозащитные полосы из лиственницы сибирской (4-рядные посадки с шахматным расположением деревьев). Чернозем дисперсно-карбонатный маломощный. Цикл наблюдений – 8 лет.

3. Емельяновский район Красноярского края. Посев зерновых (ячмень). Чернозем глинисто-иллювиальный в комплексе с темносерой почвой. Цикл наблюдений – 10 лет.

4. Берёзовский район Красноярского края. Посадки картофеля. Чернозем криогенно-мицеллярный. Цикл наблюдений – 3 года.

5. Канский район Красноярского края. Неоднородный почвенный покров: чернозем криогенно-мицеллярный среднемощный в комплексе с однотипным маломощным черноземом. Посев зерновых (пшеница). Цикл наблюдений – 8 лет.

План выполнения

1. Оценив сложность почвенного покрова и специфику объектов, определить количество вариантов для измерения влажности.

2. Установить сроки отбора проб и глубину взятия образцов. При этом не забывайте о необходимости определения уровня грунто-

вых вод. Подумайте о роде проводимых исследований (генетико-гидравлические, опытно-агрономические).

3. Выбрать повторность наблюдений, пояснив рациональность выбора.

4. Изобразить схематично размещение скважин для проведения исследований в течение года.

5. Составить перечень необходимых сопутствующих наблюдений.

6. На основании всех вышеперечисленных пунктов рассчитать площадь наблюдательной площадки и всего стационара.

Графическое выражение данных по влажности почвы (практическое занятие)

Наиболее демонстративным методом графического изображения влажности почвы является метод построения **хроноизоплет влажности**, впервые предложенный более полу столетия назад Г.Н. Высоцким (1902). Этот метод позволяет сразу охватить и охарактеризовать особенности хода влажности в почвенно-грунтовой толще любой мощности за любой, в том числе и очень длительный, промежуток времени и притом сопряженно с такими явлениями, как выпадение осадков, изменения температуры воздуха, промерзание почвы, изменение уровня почвенно-грунтовых вод и т. д.

Этот метод заключается в том, что на миллиметровой бумаге в обычной сетке прямоугольных координат по оси абсцисс откладывается календарь по оси ординат – глубина от поверхности. Далее, для каждого срока наблюдений на соответствующей ему ординате выписывают величины влажности почвы, лучше всего – в процентах от ее объёма (рис. 4). Затем на этих ординатах, путем интерполяции, отыскивают точки, отвечающие величинам влажности в круглых числах с интервалами от 0,5 до 2,5 %, которые выбираются в зависимости от амплитуды величин влажности. Такие же числа отмечаются между точками смежных сроков наблюдения (например, июнь – июль для глубины 10, 20 см и т. д.). Для песчаных почв обычно берутся интервалы в 0,5 %, а для суглинистых и глинистых – 2,0 или 2,5 %. Точки с одинаковой влажностью соединяются кривыми линиями, которые и являются **хроноизоплетами влажности, т. е. линиями одинаковой во времени влажности**. Пространство между соседними линиями

представляет собою слой почвы с влажностью, лежащей между величинами, соответствующими ограничивающим его изоплетам, который в зависимости от различных явлений меняет свое положение в почвенно-грунтовой толще и может временами из нее совсем исчезать. Выразительность графика значительно выигрывает, если такие слои с влажностью, лежащей в определенных пределах, будут заштрихованы, причем густота штриховки возрастает с увеличением влажности (см. рис. 4). Сверху изображают показания осадков (гистограмма) и температуры (график).

Задание

По данным ведомости измерения влажности (табл. 11) и примеру, рассмотренному на рисунке 4, построить хроноизоплеты для четырех сроков наблюдения. Построение вести на миллиметровой бумаге в масштабе: по оси абсцисс (календарь) 1 дню соответствует 1 мм, по оси ординат (глубина) – 1 : 10.

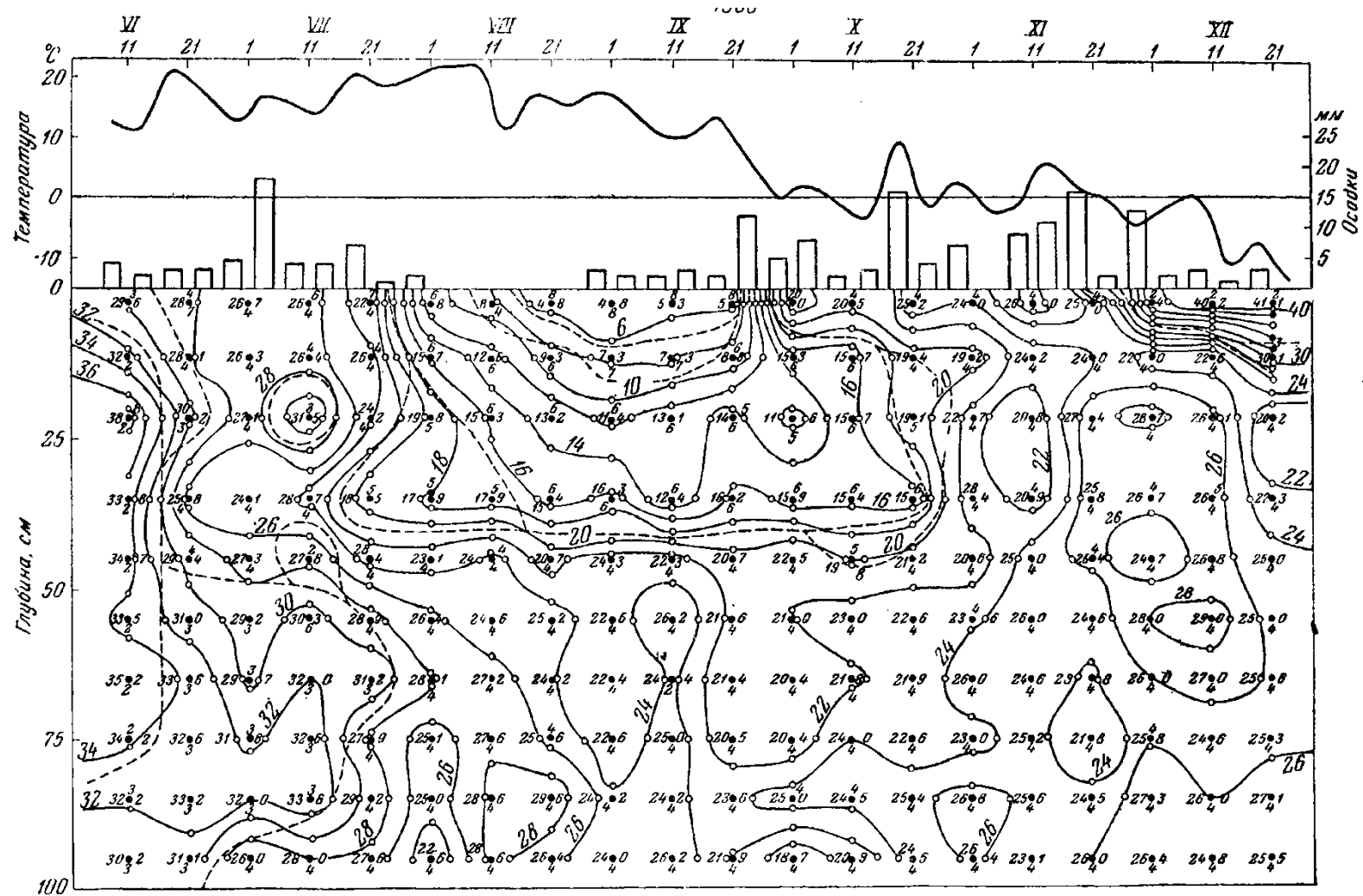
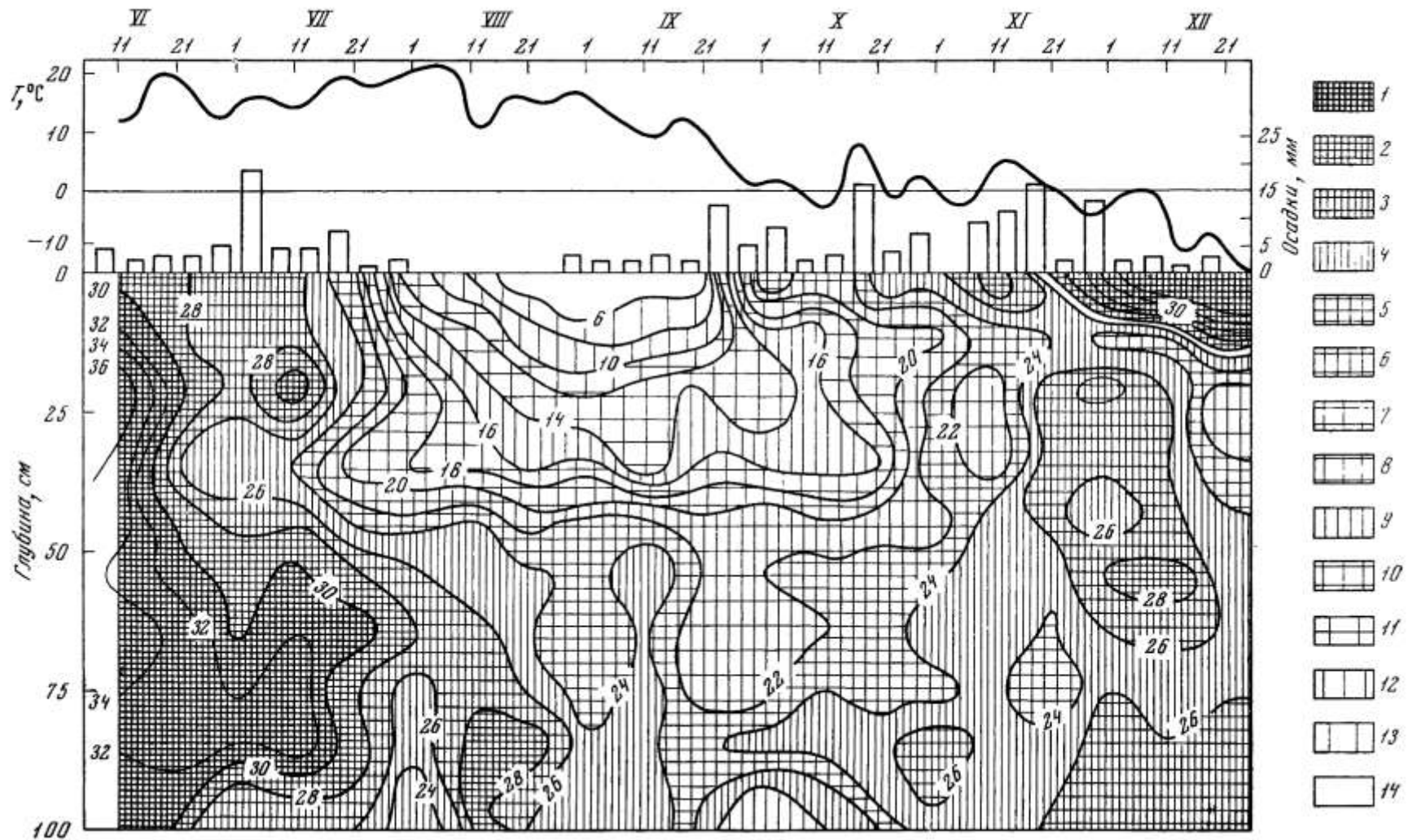


Рисунок 4 – Этапы построения графика хроноизоплет влажности в процентах от объема почвы и категориях влажности (пахотная дерново-подзолистая почва. Цифры около точек на первом графике – влажность в процентах от объема почв), над или под точками – номера категорий влажности. Второй график – окончательный результат построения



Окончание рис. 4

Таблица 11 – Ведомость измерения влажности

I срок (13.06.74)				II срок (19.07.74)			
Глубина взятия об- разца, см	Плот- ность сложе- ния, г/см ³	Влаж- ность, % от веса почвы	Влаж- ность, % от объема	Глубина взятия образца, см	Плот- ность сложе- ния, г/см ³	Влаж- ность, % от веса почвы	Влаж- ность, % от объема
0-5	0,31	59,01	18,29	0-5	0,31	42,47	13,17
5-10	0,8	40,23	32,18	5-10	0,8	16,34	13,07
10-20	1,72	20,01	34,41	10-20	1,72	15,70	27,00
20-30	1,65	16,96	27,99	20-30	1,65	16,88	27,86
30-40	1,66	15,54	25,80	30-40	1,66	17,49	29,04
40-50	1,7	14,33	24,37	40-50	1,7	17,27	29,36
50-60	1,6	16,23	25,97	50-60	1,6	17,92	28,68
60-70	1,71	14,34	24,52	60-70	1,71	16,90	28,90
70-80	1,81	14,45	26,16	70-80	1,81	17,33	31,37
80-90	1,79	17,86	31,96	80-90	1,79	17,05	30,51
90-100	1,79	18,03	32,27	90-100	1,79	17,35	31,07
100-110	1,83	16,35	29,92	100-110	1,83	16,13	29,53
110-120	1,79	15,51	27,76	110-120	1,79	13,08	23,41
120-130	1,73	12,35	21,37	120-130	1,73	22,41	38,77
130-140	1,71	14,09	24,10				
140-150	1,72	9,88	17,00				
III срок (23.08.74)				IV срок (20.09.74)			
0-5	0,31	42,70	13,24	0-5	0,31	54,04	16,75
5-10	0,8	19,19	15,35	5-10	0,8	21,18	16,95
10-20	1,72	13,57	23,34	10-20	1,72	13,88	23,87
20-30	1,65	13,99	23,08	20-30	1,65	12,32	20,33
30-40	1,66	14,09	23,39	30-40	1,66	13,91	23,09
40-50	1,7	14,88	25,29	40-50	1,7	15,87	26,98
50-60	1,6	15,90	25,43	50-60	1,6	19,53	31,25
60-70	1,71	15,82	27,04	60-70	1,71	16,71	28,57
70-80	1,81	13,69	24,77	70-80	1,81	17,59	31,83
80-90	1,79	11,17	19,99	80-90	1,79	17,08	30,58
90-100	1,79	11,93	21,35	90-100	1,79	14,91	26,70
100-110	1,83	11,82	21,64	100-110	1,83	13,60	24,88
110-120	1,79	10,55	18,88	110-120	1,79	13,47	24,10
120-130	1,73	11,51	19,91	120-130	1,73	12,24	21,18
130-140	1,71			130-140	1,71	13,50	23,09

ТЕМЫ ДОКЛАДОВ К СЕМИНАРУ

Стационарные методы исследования почв

1. Изучение методов исследования теплового режима почв.
2. Исследование склонового и внутрпочвенного стока.
3. Изучение методов исследования солевого режима почв.
4. Изучение методов исследования газового режима почв.
5. Изучение методов исследования окислительно-восстановительного режима почв.
6. Использование статистических методов при проведении режимных наблюдений.
7. Применение лизиметрических и хроматографических колонок в почвенных исследованиях.
8. Методы исследования жизнедеятельности живой фазы.
9. Методы почвенно-зоологических исследований.
10. Методы изучения микрофлоры почв и ее жизнедеятельности.
11. Методы изучения динамики и круговорота подвижных питательных веществ в почве.

Моделирование почвообразовательных процессов

1. Моделирование почвообразовательных микропроцессов (любой микропроцесс на выбор).
2. Моделирование почвообразовательных частных макропроцессов (оглеение, лессиваж, иллювиально-глинистый, криогенное ожелезнение и др.).
3. Метод хронорядов для моделирования почвообразовательных макропроцессов и развития почв во времени.
4. Моделирование процессов превращения органического вещества почвы в лабораторных и полевых условиях.
5. Моделирование процессов гумификации растительных остатков в почве.
6. Пространственно-временные модели почвообразования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.

Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 399 с.

Герасимов, И.П. Основы почвоведения / И.П. Герасимов, М.А. Глазовская. – М.: Изд-во географ. лит., 1960. – 480 с.

Принципы организации и методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1976. – 415 с.

Почвенно-биогеоценологические исследования в лесных биогеоценозах. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 160 с.

Роде, А.А. Система методов исследования в почвоведении / А.А. Роде. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1971. – 92 с.

Источники информации для подготовки к семинарам

1. Геннадиев, А.Н. Пространственно-временные модели почвообразования / А.Н. Геннадиев // История развития почв СССР в голоцене: тез. докл. 1-го Всесоюз. совещания. – Пушкино, 1984.

2. Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977. – 296 с.

3. Моделирование почвенных процессов: сб. науч. тр. – Пушкино, 1985.

4. Моделирование почвообразовательных процессов гумидной зоны. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 190 с.

5. Моделирование развития искусственных лесных биогеоценозов. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1984. – 152 с.

6. Орловский, Н.В. Моделирование почвообразовательных процессов в связи с окультуриванием почв (педотроны) / Н.В. Орловский // Агрохимия. – 1971. – № 1. – С. 27–31.

7. URL: www.elibrary.ru.

8. URL: www.esoil.ru/publications/bulletin.

МЕТОДЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лабораторный практикум

Т.Н. Демьяненко

Редактор

О.Ю. Потапова

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 21.05.2015. Формат 60x90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 3,25 Тираж 110 экз. Заказ №

Издательство Красноярского государственного аграрного университета

660017, Красноярск, ул. Ленина, 117