

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. М.В. ЛОМОНОСОВА**

**ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

Зайдельман Ф.Р., Смирнова Л.Ф., Шваров А.П.,  
Никифорова А.С.



**ПРАКТИКУМ**

**ПО КУРСУ “МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ”**

**Издательство Московского университета, 2002**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. М.В. ЛОМОНОСОВА**

**ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

**Зайдельман Ф.Р., Смирнова Л.Ф., Шваров А.П.,  
Никифорова А.С.**



**ПРАКТИКУМ**

**ПО КУРСУ “МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ”**

**Москва, 2002**

УДК 631.4

ББК 40.3

3-17

Зайдельман Ф. Р., Смирнова Л. Ф., Шваров А. П., Никифорова А. С.  
3-17 Практикум по курсу «Мелиорация почв». – М.: Издательство Московского  
университета. – 2002. – 52 с.

ISBN 5-211-04789-3

Рекомендовано учебно-методическое пособие комиссией факультета Почвоведения МГУ (протокол № 1 от 22.11.02) в качестве учебного пособия для студентов факультета Почвоведения МГУ

Издание осуществляется в авторской редакции

ISBN 5-211-04789-3

© Ф. Р. Зайдельман, Л. Ф. Смирнова, А. П. Шваров, А. С. Никифорова, 2002

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	5
<b>ЗАНЯТИЕ 1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЧВЕННОЙ ГИДРОЛОГИИ И ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ (семинар)</b> .....	6
Задача 1. Построить кривую обеспеченности осадков и определить % обеспеченности осадков.....	6
Задача 2. Рассчитать запас воды в почве при влажности равной ППВ и ПВ по генетическим горизонтам и по слоям 0-50, 50-100 и 0-100см.....	8
Задача 3. Рассчитать водоотдачу почвы и коэффициент водоотдачи.....	9
Задача 4. Рассчитать оросительную норму при разной обеспеченности осадков.....	9
Задача 5. Определить поливную норму по дефициту влажности в разные периоды вегетации с учетом изменения мощности активного слоя.....	10
Задача 6. Определить норму влагозарядкового полива.....	10
<b>ЗАНЯТИЕ 2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛИВНЫХ ВОД (семинар)</b> .....	11
Задача 1. Определить степень минерализации поливных вод, установить опасность применения вод для орошения почв и необходимость мелиорации поливных вод.....	11
Задача 2. Записать химический состав воды по формуле Курлова.....	11
Задача 3. Определить токсичность ионов в поливной воде.....	13
Задача 4. Определить пригодность воды для полива по ее химическому составу и вероятность осолонцевания почв в результате орошения.....	14
Задача 5. Определить пригодность воды для орошения по методу Айдарова и Королькова.....	17
<b>ЗАНЯТИЕ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ (лабораторная занятie)</b> .....	20
<b>ЗАНЯТИЕ 4. ПАРАМЕТРЫ КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ (семинар)</b> .....	23
Задача 1. Определить площадь живого сечения канала.....	23
Задача 2. Определить смоченный периметр канала.....	23
Задача 3. Определить гидравлический радиус.....	23
Задача 4. Определить скорость воды в канале по формуле Шези.....	24

<b>ЗАНЯТИЕ 5. МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ</b> (семинар и лабораторное занятие).....	25
Задача 1. Определить по данным водной вытяжки тип засоления.....	25
Задача 2. Определить степень засоления почв по содержанию токсичных солей в зависимости от химизма засоления.....	26
Задача 3. Определить степень засоления почв по суммарному эффекту токсичных ионов.....	27
Задача 4. Определить промывную норму засоленных почв по сумме токсичных солей.....	29
Задача 5. Определить вид солонца и рассчитать норму гипса для его мелиорации.....	30
Задача 6. Определить тип, подтип, род и вид солонца.....	30
Задача 7. Выполнить качественное определение хлоридов, сульфатов и соды в водных вытяжках (лабораторное занятие).....	32
<b>ЗАНЯТИЕ 6. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ</b> (семинар и лабораторное занятие ).....	33
Задача 1. Определить междренные расстояния по формуле Хугхаудта... ..	33
Задача 2. Определить междренные расстояния по гранулометрическому составу.....	36
Задача 3. Полевые и лабораторные методы определения коэффициента фильтрации для расчета дренажных систем.....	39
3.1. Метод определения Кф по восстановлению уровня воды в скважине в неоплывающих и необводненных с поверхности почвогрунтах по Донату-Эркину.....	40
3.2. Метод определения Кф по восстановлению уровня воды в скважине в обводненных и оплывающих почвогрунтах в модификации Зайдельмана.....	42
3.3. Определить вертикальную и латеральную фильтрации по Ханусу (лабораторное занятие).....	44
4. Определить устойчивость кротовых дрен в минеральных почвах по Зайдельману (лабораторное занятие).....	45
5. Определить содержания закисного железа в грунтовых водах (лабораторное занятие).....	47
<b>ЗАНЯТИЕ 7. ВИЗУАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ТОРФА И СТЕПЕНИ ЕГО РАЗЛОЖЕНИЯ</b> (лабораторное занятие) .....	49
Список литературы .....	51

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум по курсу «Мелиорация почв» предназначен для студентов – почвоведов университетов. Он построен по программе лекционного курса «Мелиорация почв» и служит, прежде всего, для его углубленного изучения. В процессе работы на этом практикуме студенты участвуют в лабораторных занятиях и семинарах. Они рассматривают материалы трех основных разделов университетского курса «Мелиорация почв» – орошаемое земледелие, мелиорация засоленных почв и мелиорация почв заболоченных территорий. Задача практикума заключается в том, чтобы ознакомить студентов с основными понятиями мелиоративного почвоведения и мелиорации почв, дать представление о принципах и способах обоснования и расчета мелиоративных систем. Практикум предусматривает возможность самостоятельного выполнения студентами аналитических работ с использованием методов, принятых в практике мелиоративных изысканий и исследований.

Отличительной особенностью Практикума является существенное увеличение времени на освоение студентами методов аналитических (лабораторных) и полевых исследований почв как непосредственного объекта мелиорации. К ним относятся, в частности, методы определения засоления почв и оценки качества поливной воды по электропроводности, стабильности кротовых дрен в минеральных почвах, коэффициента фильтрации, экспресс-методы определения растворимых соединений двухвалентного железа в грунтовых водах, степени разложения торфа и др.

Семинары, предусмотренные в составе настоящего Практикума, направлены на углубленное освоение студентами основных, принципиально важных в мелиоративном отношении положений лекционного курса.

Таким образом в целом Практикум по курсу «Мелиорация почв» направлен на то, чтобы помочь студенту сознательно освоить весь объем лекционного материала, подготовиться к коллоквиуму и к экзамену по курсу «Мелиорация почв».

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЧВЕННОЙ ГИДРОЛОГИИ И ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

### Вопросы для самостоятельной подготовки к занятию:

1. Вероятностная оценка природных факторов при мелиоративных расчетах.
2. Понятия почвенной гидрологии: предельная полевая влагоемкость (ППВ); динамическая (капиллярная) влагоемкость (КВ); полная влагоемкость (ПВ); водоотдача, коэффициент водоотдачи; водопотребление, коэффициент водопотребления.
3. Оросительная норма.
4. Верхний и нижний предел оптимального увлажнения почв.
5. Расчет поливной нормы по дефициту влажности для вегетационных увлажнительных и вневегетационных поливов в зависимости от культуры и мощности активного слоя.
6. Зависимость поливной нормы от способа полива.

*Литература:* Ф.Р. Зайдельман, “Мелиорация почв”, 2-е издание, М., 1996 С. 55-67, 85-89.

### ***Задача 1. Построить кривую обеспеченности осадков и рассчитать % обеспеченности осадков***

При использовании гидрологических и иных параметров для расчета мелиоративных систем (осадков, температур, дренажного стока, весенних и осенних паводков и др.) применяют вероятностный подход, основанный на определении обеспеченности той или иной характеристики.

Под обеспеченностью понимают вероятность появления (%) величины равной данной или выше данной в многолетнем ряду.

**Дано:** сумма годовых осадков (мм) в 30-ти летнем ряду. Осадки колеблются по годам в интервале от 200 до 450 мм. Необходимо построить кривую обеспеченности осадков и по ней определить абсолютные величины годовых осадков 75 - и 95% обеспеченности для рассматриваемого ряда лет.

**Решение.** Данные 30-ти летних наблюдений (годовые суммы осадков) располагают в ряд по убыванию значений (от 450 до 200 мм) и разбивают на классы (с шагом 25 мм). Подсчитывают число лет с количеством осадков, приходящихся на данный класс (см. табл.1) и общее число лет с осадками, соответствующими данному и предшествующим классам (т.е. годы суммируют нарастающим итогом).

На оси абсцисс откладывают число лет наблюдений в процентах, принимая общее количество лет (30) за 100 (рис. 1). На ординате - количество осадков в интервалах классов. По этим данным строят кривую обеспеченности и затем ее используют для нахождения абсолютных величин осадков расчетной обеспеченности. Для этого из точек на оси абсцисс, соответствующих заданному проценту обеспеченности (например, 95%), восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой. Из точек пересечения проводят линию, параллельную оси абсцисс до пересечения с осью ординат. Эта точка на ординате показывает количество осадков, соответствующих искомой обеспеченности. Приближенный расчет обеспеченности можно выполнить по следующей формуле

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100 \quad (1)$$

где  $P$  – обеспеченность (%),  $m$  – порядковый номер класса,  $n$  – общее число классов.

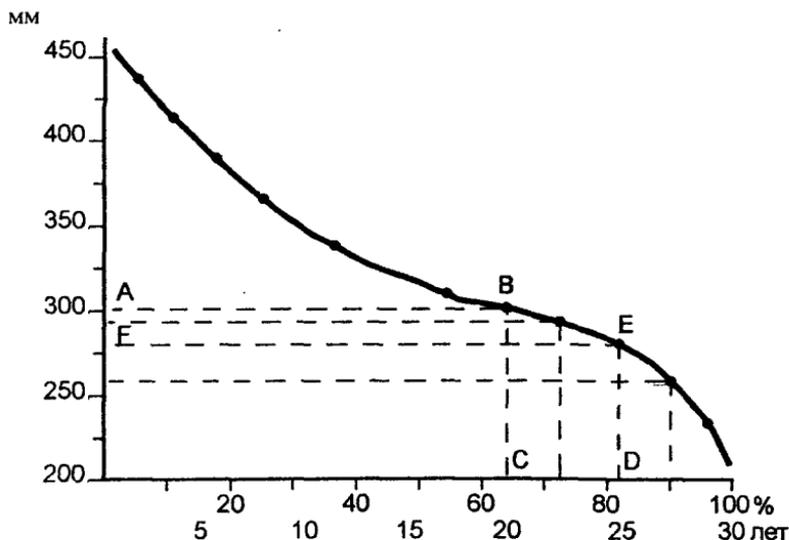


Рис. 1. Кривая обеспеченности осадков

## Подготовка данных для построения кривой обеспеченности

Классы	Количество осадков, мм	Среднее значение осадков, мм	Число лет в классе	Число лет с осадками, соответствующими данному классу и предшествующим классам
1	450 – 425,1	437,5	1	1
2	425 – 400,1	412,5	2	3
3	400 – 375,1	387,5	2	5
4	375 – 350,1	362,5	3	8
5	350 – 325,1	337,5	3	11
6	325 – 300,1	312,5	5	16
7	300 – 275,1	287,5	7	23
8	275 – 250,1	262,5	3	26
9	250 – 225,1	237,5	3	29
10	225 – 200	212,5	1	30

Аналогичным образом рассчитывают обеспеченности осадков вегетационного периода, паводков на реках, дренажного стока и др. Оросительные системы с размещением зерновых культур рассчитывают на 90-95% обеспеченности осадков теплого периода; многолетних трав 70-75%. Дамбы обвалования оградительной сети на летних польдерах для защиты от затопления водами осеннего паводка строят из расчета 0,1-1,0% обеспеченности. Осушительные системы для полевых севооборотов рассчитывают на пропуск дренажного стока 10% обеспеченности в посевной период в случае использования территории для размещения полевых культур с участием озимых. При размещении лугов осушительная сеть рассчитывается на пропуск дренажного стока 25% обеспеченности.

В любом случае выбор % обеспеченности расчетного параметра должен быть обоснован экономической целесообразностью.

**Задача 2.** Рассчитать запас воды (ЗВ) в почве ( $m^3/га$ , мм водн. слоя) при влажности равной ППВ (предельной полевой влагоемкости) и ПВ (полной влагоемкости) по генетическим горизонтам и по слоям 0-50 см, 50-100 см, 0-100 см

**Дано:** Влажность почвы при ППВ и ПВ по генетическим горизонтам в % от массы почвы,  $\rho_b$  ( $г/см^3$ ) по генетическим горизонтам

**Решение.** Расчет запасов выполняют по формуле

$$ЗВ = W \cdot \rho_b \cdot h \quad (m^3/га), \quad (2)$$

где  $h$  – мощность расчетного слоя, см;  $\rho_b$  – плотность сложения,  $г/см^3$ ;  $W$  – влажность (% от массы)

**Задача 3.** Рассчитать водоотдачу почвы и коэффициент водоотдачи при влажности равной ППВ (% от объема), используя данные задачи 2

**Дано:** Значения ППВ и ПВ (%) по генетическим горизонтам и по слоям.

**Решение.** Величина водоотдачи равна разности между полной влагоемкостью (ПВ) (при приближенных расчетах часто используют величины общей порозности почвы, пренебрегая объемом заземленного воздуха), выраженные в % от объема), и предельной полевой влагоемкостью (ППВ). Расчет ведется по средневзвешенным значениям этих двух величин для расчетного слоя.

Водоотдача равна

$$\text{ПВ} - \text{ППВ} \text{ (в \% , мм, м}^3/\text{га)} \quad (3)$$

Коэффициент водоотдачи ( $K_B$ ) величина безразмерная. Она характеризует объем гравитационной влаги, выраженный как часть общего объема, способного к свободному стеканию

$$K_B = \frac{\text{ПВ} - \text{ППВ}}{100} \quad (4)$$

$K_B$  существенно варьирует в почвах разного генезиса и гранулометрического состава. В почвах песчаных и глинистых агрегированных он колеблется в интервале 0,1-0,2; в суглинистых и глинистых микроагрегированных 0,04-0,08.  $K_B$  торфяных почв изменяется от 0,03 до 0,12.

**Задача 4. Рассчитать оросительную норму при разной обеспеченности осадков**

**Дано:** 1. Водопотребление (E) сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, люцерна) в условиях сухой степи на годы 75% и 95% обеспеченности осадков (водопотребление - расход воды на транспирацию и испарение с 1 га возделываемой культуры)

2. Осадки расчетной обеспеченности (95 и 75%), используемые в вегетационный период мм (P), из задачи 1.

3. Влажность почвы в начале и в конце вегетации, %

**Решение.** Расчет оросительной нормы производят по формуле

$$M = E - P \pm \Delta W - W_{гр}, \quad (5)$$

где M – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га; E – водопотребление, м<sup>3</sup>/га; P – осадки данной обеспеченности;  $\pm \Delta W$  – приход (+) или убыль влаги (-) за период вегетации, м<sup>3</sup>/га;  $\Delta W = 3B_H - 3B_K$  ( $3B_H$  – запас влаги в почве в начале;  $3B_K$  – запас влаги в конце вегетации);  $W_{гр}$  – приток грунтовых вод в ризосферу, м<sup>3</sup>/га.

При залегании грунтовых вод глубже 3 м приход влаги от зеркала грунтовых вод не учитывают в расчете. Запасы влаги рассчитывают по формуле (2).

**Задача 5. Определить поливную норму по дефициту влажности в разные периоды вегетации с учетом изменения мощности активного слоя**

**Дано:** 1. Влажность равная ППВ (% от массы) по слоям почвы

2. Мощность активного слоя в различные периоды вегетации (ориентировочные глубины расчетного слоя увлажнения при вегетационных поливах приведены в табл.10, с.88, в учебнике «Мелиорация почв» 1996 г.)

**Решение.** Поливную норму рассчитывают по формуле:

$$m = 100 \cdot h \cdot \rho_b \cdot (W_{\max} - W_{\min}) \quad (6)$$

где  $m$  – поливная норма  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $h$  – мощность активного слоя почвы,  $\text{м}$ ;  $\rho_b$  – средняя объемная масса активного слоя почвы,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $W_{\max}$  – оптимальная влажность активного слоя почвы после полива равная 0,90-0,95 ППВ;  $W_{\min}$  – влажность активного слоя почвы перед поливом. Потребность в поливе сельскохозяйственных культур возникает при снижении влажности почвы до величины ВРК (влажности разрыва капиллярной связи), т.е. до значений близких к 0,7ППВ.

**Задача 6. Определить норму влагозарядкового полива**

**Дано:** Количество осадков осенне-зимнего периода –  $P$ ,  $\text{м}^3/\text{га}$ ; коэффициент использования осадков –  $\alpha$ , испарение за осенне-зимний период –  $E$ ,  $\text{м}^3/\text{га}$

**Решение.** Норму влагозарядкового полива рассчитывают по формуле

$$m_{\text{ВЗ}} = 100 \cdot h \cdot \rho_b \cdot (W_{\max} - W_{\text{есм}}) - \alpha \cdot P + E_1 \quad (7)$$

где  $m_{\text{ВЗ}}$  – норма влагозарядкового полива,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $W_{\max}$  – предельная полевая влагоемкость (ППВ),  $W_{\text{есм}}$  – влажность в почве в конце вегетационного периода (перед поливом) в увлажняемом слое, (в % от массы);  $E_1$  – испарение за осенне-зимний период,  $\text{м}^3/\text{га}$

## ЗАНЯТИЕ 2 (семинар 4 часа)

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛИВНЫХ ВОД

#### Вопросы для самостоятельной подготовки к занятию

1. Оценка общей минерализации оросительной воды с точки зрения опасности засоления почв.
2. Токсичность отдельных ионов для растений.
3. Методы и показатели качества поливных вод по соотношению катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ .
4. Опасность осолонцевания почв при орошении.

*Литература:* Ф.Р. Зайдельман, «Мелиорация почв», 2-е издание, 1996. С. 70-78

**Задача 1.** *Определить степень минерализации поливных вод (г/л), установить опасность применения вод для орошения почв и необходимость мелиорации поливных вод.*

**Дано:** Химический состав поливных вод (содержание ионов в мг-экв/л)

**Решение.** 1.1. Содержание ионов в мг-экв/л необходимо перевести в г/л и рассчитать суммарную концентрацию ионов (общую минерализацию оросительных вод).

#### **Коэффициент пересчета мг-экв/л в г/л**

$\text{HCO}_3^-$	0,061
$\text{CO}_3^{2-}$	0,030
$\text{SO}_4^{2-}$	0,048
$\text{Cl}^-$	0,035
$\text{Ca}^{2+}$	0,020
$\text{Mg}^{2+}$	0,012
$\text{Na}^+$	0,023

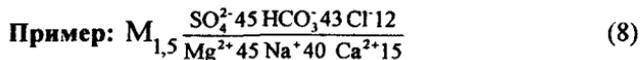
1.2. Степень солёности воды и опасность засоления почв при использовании воды данного химического состава оценивается по рекомендации табл. 2 и рис. 2.

**Задача 2.** *Записать химический состав воды по формуле Курлова (цит. по Владыченскому, 1960) и дать ее название, указав минерализацию  $M$  (г/л); в числителе - состав анионов в процент-эквивалентах (содержание в процентах каждого аниона от суммы всех анионов в мг-экв.); в знаменателе - состав катионов в процент-эквивалентах (содержание в процентах каждого катиона от суммы всех катионов в мг-экв.). Содержание ионов записывается слева направо в убывающей*

концентрации. Ионы, присутствующие в незначительных количествах (менее 5%), в формулу Курлова не вносятся.

Дано: Химический состав поливных вод (см. задачу 1)

Решение. Пример записи химического состава воды по формуле Курлова



Вода гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-магниевая

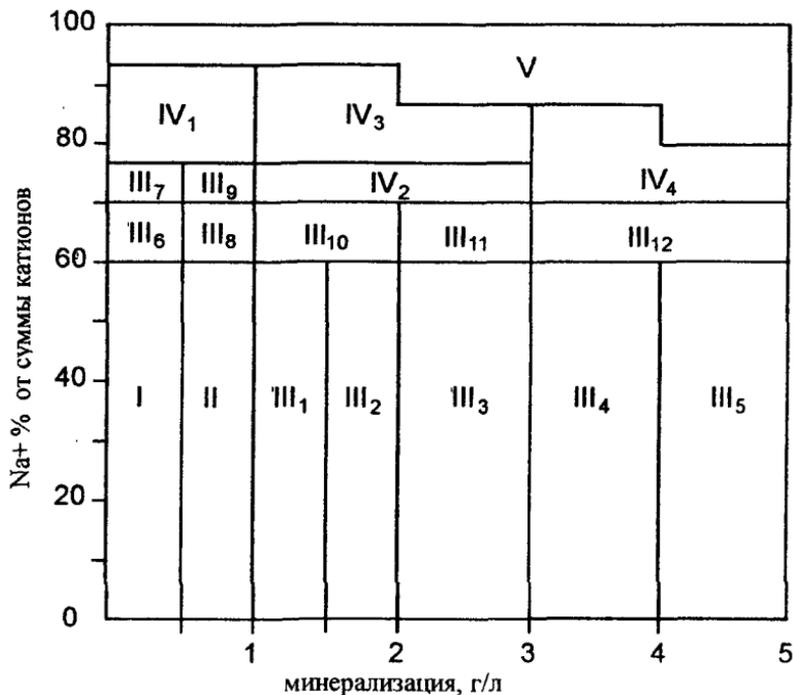


Рис.2 Классификация минерализованных вод по степени их пригодности для орошения (Бездына,1984)

I - воды вполне пригодны для орошения всех типов почв

II - воды пригодны для орошения большинства типов почв

III - воды ограниченно пригодны (III<sub>1-5</sub> - нуждаются в улучшении разбавлением, III<sub>6-7</sub> - нуждаются в химической мелиорации, III<sub>8-12</sub> - нуждаются в разбавлении и химической мелиорации).

IV - воды условно пригодны (IV<sub>1</sub> - нуждаются в химической мелиорации, IV<sub>2,4</sub> - нуждаются в разбавлении и химической мелиорации).

V - воды не пригодны для орошения.

**Задача 3. Определить токсичность ионов в поливной воде для сельскохозяйственных культур (табл.3).**

**Дано:** Химический состав поливных вод (см. задачу 1)

**Решение.** При оценке токсичности отдельных ионов исходят из того, что разные соли и ионы неодинаково влияют на растения. В рекомендациях ФАО предлагается учитывать содержание в водах ионов натрия, хлора, бора, нитратов, общую щелочность ( $\text{HCO}_3^-$ ) и рН. Повышенное содержание в поливных водах перечисленных ионов может привести к их накоплению в листьях, вызвать ожог растений. Особенно часто это проявляется при поливе дождеванием в дневное время.

**Таблица 2**

**Шкала солености оросительной воды (данные лаборатории засоления почв США)**

Классификация вод	Приблизительная концентрация солей, г/л	Электропроводность, мС/см
1. <b>Вода низкой солености.</b> Пригодна для орошения большинства культур на большинстве почв.	<0,2	<0,25
2. <b>Вода средней солености.</b> Используют в условиях умеренного выщелачивания. Культуры средней солеустойчивости можно выращивать, не применяя мер для борьбы с засолением.	0,20-0,50	0,25-0,75
3. <b>Вода высокой солености.</b> Даже при хорошем дренаже могут потребоваться мероприятия по борьбе с засолением. Следует выбирать культуры, обладающие высокой солеустойчивостью.	0,50-1,00	0,75-2,25
4. <b>Вода очень высокой солености,</b> непригодна для орошения в обычных условиях. Полив при следующих условиях: высокая проницаемость почв, дренаж, солеустойчивость культур.	1,00-3,00	>2,25

**Токсичность ионов для сельскохозяйственных культур при поверхностных поливах и дождевании**

Ион	Способ полива	Качество воды		
		Хорошее	Среднее	Плохое
Na <sup>+</sup> , мг.экв./л	Поверхностный полив	<3	3-9	>9
	Дождевание	<3		>3
Cl <sup>-</sup> , мг.экв./л	Поверхностный полив	<4	4-10	>10
	Дождевание	<3		>3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг.экв./л	Дождевание	<1,5	1,5-8,5	>8,5
B <sup>3+</sup> , мг/л	При любом поливе	<0,7	0,7- 2,9	>2,9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	При любом поливе	<5	5 – 30	>30

**Задача 4. Определить пригодность воды для полива по ее химическому составу и вероятность осолонцевания почв в результате орошения**

**Дано:** Химический состав поливных вод (см. задачу 1).

**Решение.** Для оценки возможности осолонцевания почв поливными водами, предложены формулы, учитывающие содержание в них иона натрия. Их использование позволяет охарактеризовать не только направление, но и степень выраженности процесса. В практике орошаемого земледелия применяют следующие формулы.

И.Н. Антипов-Каратаев и Г.М.Кадер (1961) предложили использовать в этих целях показатель критического отношения (ПКО) суммы катионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> к Na<sup>+</sup> в оросительной воде (мг.экв./л) и общую концентрацию солей в воде – С (г/л)

$$\text{ПКО} = \frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{\text{Na}^{+} \times 0,23 \times \text{C}} \quad (9)$$

Вода с ПКО равным единице обеспечивает ионно-обменное равновесие с контактируемой почвой при 10% (от емкости поглощения почвы) содержания Na<sup>+</sup> в ППК. Если ПКО меньше 1, вода считается непригодной для орошения и нуждается в улучшении путем внесения гипса. При ПКО больше 1 вода пригодна для орошения. Чем больше значение ПКО, тем лучше вода в мелиоративном отношении.

Учитывая, что магний в больших количествах, подобно натрию, отрицательно воздействует на свойства почв, Саболич и Дараб считают, что одним из важнейших качественных критериев поливной воды является процентное содержание в ней магния (катионы в соотношении должны быть выражены в мг-экв/л). Mg<sup>2+</sup> оказывает вредное воздействие на почву, если

$$\frac{\text{Mg}^{2+} \times 100}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \geq 50 \quad (10)$$

В основе зарубежных классификаций по оценке ирригационных вод лежит величина SAR ( Sodium adsorption ratio), предложенная лабораторией засоленных почв МСХ США:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}, \quad (11)$$

С помощью SAR определяется вероятность вхождения  $Na^+$  в ППК и развитие в почвах осолонцевания. Этот показатель позволяет дать прогноз, при каком составе ирригационных вод доля  $Na^+$  в составе обменных оснований превысит допустимые пределы. Критические величины SAR ставятся при этом в тесную зависимость от опасности засоления почв, что определяется общей минерализацией поливной воды. Чем выше опасность засоления почв, тем более низкими являются критические величины SAR (табл.4).

В связи с тем, что опасность засоления почв в природной обстановке определяется не только минерализацией вод, а зависит от целого ряда других факторов (свойства почв и грунтов, климатических показателей) для почв степной зоны рекомендуется считать граничной величиной SAR – 8-10 (Безднина, 1984; Новикова, 1979; Минашина, 1970).

**Таблица 4**

**Опасность засоления и осолонцевания почв оросительными водами в зависимости от их минерализации и значений SAR (по Ричардсу,1953)**

Общая минерализация воды, г/л	Опасность засоления почв	Опасность осолонцевания почв, SAR			
		Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
<1	Низкая	8-10	15-18	22-26	>26
1 - 2	Средняя	6-8	12-15	18-22	>22
2 - 3	Высокая	4-6	9-12	14-18	>18
>3	Очень высокая	2-4	6-9	11-14	>14

Оценивая величину SAR, необходимо учитывать, что теоретические основы величины SAR базируются на теории ионного обмена, описываемой уравнением Гапона, в котором при расчетах использованы активности ионов. Однако практически при расчете SAR в уравнение подставляют, как правило, не активности ионов  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , а их общую концентрацию (Воробьева, 1984). В тоже время установлено, что в оросительных водах, как и в почвенных растворах, наряду со свободными ионами присутствуют различные ассоциаты. При этом доля кальция, связанного в ассоциаты, существенно выше, чем натрия. Так, по данным М.Б. Минкина (1985) в ионной паре связаны 15-50%  $Ca^{2+}$  и только 1-18%  $Na^+$ . Поэтому SAR,

рассчитанный по аналитическим концентрациям, ниже его реального значения.

Большое значение для оценки возможного натриевого засоления почв и их осолонцевания имеет учет бикарбонатов в водах, поскольку с ними связаны процессы осаждения кальция в виде карбонатов. Это приводит к изменению соотношения между натрием и кальцием (в пользу натрия) в оросительной воде, и следовательно, к усилению натриевой опасности. Поэтому ФАО предложено дополнительный эффект осолонцевания почв учитывать по так называемому «приведенному» значению SAR\*:

$$SAR^* = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} [1 + (8,4 - pH_C)] \quad (12)$$

где  $pH_C$  – расчетная величина, учитывающая содержание в воде катионов и ее щелочность.

$$pH_C = pK_2 - pK_{CaCO_3} + p(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + p(CO_3^{2-} + HCO_3^-), \quad (13)$$

где  $K_2$  – вторая константа диссоциации  $H_2CO_3$ ;  $K_{CaCO_3}$  – произведение растворимости  $CaCO_3$ ;  $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$  концентрация ионов кальция и магния;  $(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$  – общая щелочность воды;  $p$  – знак отрицательного логарифма.

Для ускоренного вычисления  $pH_C$  – используют таблицу 4. В первой графе таблицы даны суммарные концентрации компонентов, содержащихся в водах (мг-экв/л): кальция+магния+натрия; кальция+магния или карбонат+гидрокарбонат-ионов. По первой величине находят значения  $pK_2 - pK_{CaCO_3}$  (графа 2), по 2-ой –  $p(Ca+Mg)$  (графа 3) и по 3-й –  $p(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$  (графа 4).

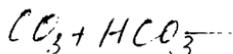
Граничным значением  $pH_C$  является величина 8,4. Уровень  $pH_C$ , превышающий 8,4 показывает на возможность растворения  $CaCO_3$  почвы при фильтрации через нее оросительной воды и обогащение тем самым почвенного раствора активным кальцием. Значения  $pH_C$  ниже 8,4 указывают на возможное осаждение  $CaCO_3$  из раствора и обеднение его активным кальцием, что увеличивает опасность осолонцевания почв.

По таблице 6 определяют качество поливной воды по значению SAR\*

Таблица для расчета pHс

$Ca + Mg + 2Ca$  →

Суммарная концентрация, мг-экв/л ( $Ca + Mg$ )	$pK_2 - pK_{CaCO_3}$	$p(Ca^{2+} + Mg^{2+})$	$p(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$
1	2	3	4
0,05	2,0	4,6	4,3
0,10	2,0	4,3	4,0
0,15	2,0	4,1	3,8
0,20	2,0	4,0	3,7
0,25	2,0	3,9	3,6
0,30	2,0	3,8	3,5
0,40	2,0	3,7	3,4
0,50	2,1	3,6	3,3
0,75	2,1	3,4	3,1
1,00	2,1	3,3	3,0
1,25	2,1	3,2	2,9
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,50	2,2	2,9	2,6
3,00	2,2	2,8	2,5
4,00	2,2	2,7	2,4
5,00	2,2	2,6	2,3
6,00	2,2	2,5	2,2
8,00	2,3	2,4	2,1
10,00	2,3	2,3	2,0
12,50	2,3	2,2	1,9
15,00	2,3	2,1	1,8
20,00	2,4	2,0	1,7
30,00	2,4	1,8	1,5
50,00	2,5	1,6	1,3
80,00	2,5	1,4	1,1



**Задача 5. Определение пригодности воды для орошения по методу Айдарова и Королькова (1980)**

**Дано:** Химический состав поливных вод (см. задачу 1).

**Решение.** Этот метод позволяет оценить предельные значения минерализации и химического состава оросительных вод в зависимости от основных водно-физических характеристик конкретных почв, их физико-химических свойств, типа водного режима, глубины, минерализации и химического состава грунтовых вод.

Для почв тяжелого гранулометрического состава (частиц меньше 0,01 мм -60% и более) и емкостью поглощения 30-40 мг-экв/100 г при промывном режиме, вполне пригодной для орошения можно считать воду с общей минерализацией 0,5 г/л и SAR < 2. Применение вод с минерализацией 0,5-1,0 г/л (SAR < 4) может вызвать осолонцевание и требует химических мелиораций, а использование вод с минерализацией 1,5 г/л (SAR > 4) недопустимо (рис. 3).

Таблица 6

Определение качества поливных вод в зависимости от минералогического состава почв по значению SAR\*(ФАО, 1979)

Минералогический состав почв	Вероятность осолонцевания орошаемых почв (качество воды для орошения)		
	маловероятно (хорошее)	вероятно (среднее)	Большая вероятность (плохое)
Монтмориллонитовый	<6	6-9 <sup>х)</sup>	>9
Иллит-вермикулитовый	<8	8-16 <sup>х)</sup>	>16
Каолинитовый	<16	16-24 <sup>х)</sup>	>24

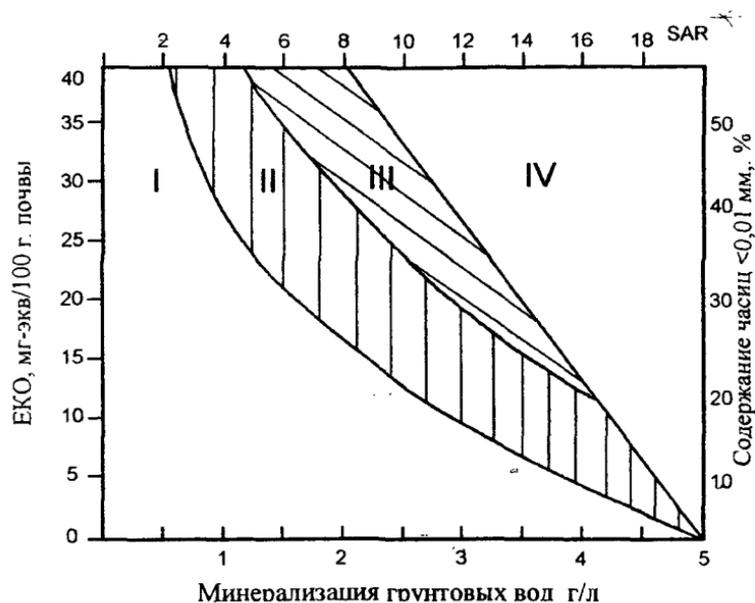
<sup>х)</sup> Если SAR\* находится в этом интервале, то дополнительно учитывается общая минерализация. При С менее 0,3 г/л - вода хорошего качества; при С от 0,3 до 1 г/л вода среднего качества; при С более 1 г/л - вода плохого качества.

Для почв среднего гранулометрического состава и меньшей емкостью поглощения (20 мг-экв/100 г почвы) сумма солей в водах может быть до 1 г/л и SAR 3-4. Применение вод с минерализацией 1-2 г/л вызывает осолонцевание и требует внесения химических мелиорантов.

В гидроморфных условиях предельная минерализация оросительных вод зависит также и от глубины, минерализации и химического состава грунтовых вод. При этом указывается, что при уровне грунтовых вод приблизительно равном 3 м для почв тяжелого гранулометрического состава с ППК – 30-40 мг-экв/100г возможно применение для орошения вод с минерализацией 0,5 г/л при минерализации грунтовых вод не выше 2-2,5

г/л. Увеличение минерализации грунтовых вод до 4 г/л требует снижение минерализации оросительных вод до 0,3 г/л.

Для почв среднего гранулометрического состава с емкостью поглощения 20 мг-экв/100 г почвы при том же УГВ величина предельной минерализации оросительных и грунтовых вод существенно колеблется в зависимости от интенсивности промывного режима: для оросительных вод от 0,8 до 1 г/л, а для грунтовых вод от 3 до 8 г/л (Айдаров, 1985).



**Рис. 3** Схема определения пригодности вод для орошения (Айдаров, Корольков, 1980) в зависимости от свойств почв и минерализации грунтовых вод

I- пригодны; II- опасность осолонцевания; III- опасность осолонцевания и засоления; IV – непригодны для орошения

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ

Для определения степени засоления почв и оценки качества воды, используемой при орошении, широко используют величину электропроводности (ЕС)

Измерение ЕС основано на принципе, согласно которому сила электрического тока, проводимого соевым раствором при некоторых стандартных условиях, возрастает с повышением концентрации солей в растворе.

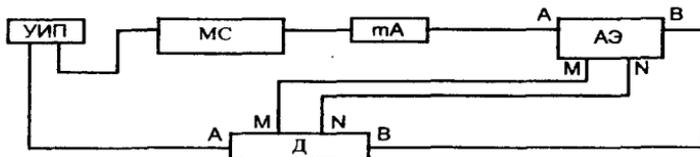
Существуют лабораторные и полевые измерительные устройства, позволяющие определить эту величину.

Электропроводность обычно обозначается греческой буквой ( $\kappa$ ) и имеет размерность в системе СИ сименс на метр ( $\kappa = 1/(\text{Ом м}) = \text{См/м}$ ).

Поскольку ЕС солевого раствора возрастает приблизительно на 2% при повышении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ , все значения приводятся к эквивалентным значениям при стандартной температуре  $25^{\circ}\text{C}$  (при помощи переводной таблицы или термокомпенсатором на самом измерительном устройстве).

Рассмотрим методику измерения электропроводности с используем четырехэлектродной схема (рис. 4).

На электроды А и В от универсального источника питания подается электрический ток  $I$ , который измеряют миллиамперметром. Падение напряжения  $U$  при прохождении тока через почвенную пасту или раствор измеряют на электродах М и N. Электропроводность рассчитывают по формуле  $\kappa_i = K \cdot I/U$ .



**Рис. 4. Четырехэлектродная схема для измерения электропроводности**

Условные обозначения: УИП – универсальный источник питания (источник постоянного тока); МС – магазин сопротивлений, предназначается для увеличения или уменьшения сопротивления внешней цепи; mA – миллиамперметр; АЭ – автокомпенсатор электроразведочный (прибор измеряющий падение напряжения при прохождении тока через проводящую среду (раствор или почву)) Д – датчик (кювета), наполняется испытуемой субстанцией.

Для точного измерения ЕС необходимо определить постоянную датчика  $K$ . Для этого датчик заполняют стандартным раствором известной концентрации – это 0,01 и 0,1 н растворы KCl. Из таблицы 7 берут значения

$\kappa_{KCl}$  для данной температуры, затем определяют  $I$  и  $U$  для стандартного раствора и рассчитывают постоянную датчика по формуле  $K = \kappa_{KCl} \cdot U/I$

В ходе определения электропроводности почвенная паста или раствор помещается в датчик таким образом, чтобы уровень жидкости или пасты строго совпадал с верхним краем датчика.

Для каждого образца определяем три значения  $\kappa$ , соответствующие различным значениям  $U$  и  $I$ . Изменение  $U$  и  $I$  достигается вращением ручки потенциометра. Далее рассчитывают среднее значение (при измерении на приборе АЭ сначала используют шкалу напряжений до 1000 мV, затем подбирают более точную переключением шкалы прибора). Если определение  $U$  при установке даже наиболее грубой шкалы (до 1000 мV) затруднено, то изменяют сопротивление магазином сопротивлений.

Параллельно с определением  $\kappa$  образца измеряют его температуру. Все величине  $\kappa$ , определенные в эксперименте с учетом измерения температуры, пересчитывают на  $\kappa_{25}$  по формуле

$$\kappa_{25} = \kappa_t [1 - (t - 25) \cdot 0,025] \quad (14)$$

( $t$  – температура, при которой измеряют электропроводность)

#### Ход работы

1. Готовят пасту с соотношением почва/вода = 1/1. Для этого берут около 50 г растертой воздушно-сухой почвы, добавляют дистиллированную воду, перемешивают, закрывают крышкой и оставляют на сутки для достижения равновесия.
2. Определяют константу датчика  $K$ . Для этого измеряют отношение  $U/I$  для стандартных растворов 0,01н и 0,1н KCl (в трехкратной повторности). Одновременно фиксируют температуру. Взяв из таблицы 7 величины  $\kappa$  этих стандартных растворов для данной температуры, рассчитывают  $K$ .
3. Проводят определение  $\kappa_{cp}$  пасты по вышеизложенной методике.
4. Определяют  $\kappa_{25}$  поливной воды.
5. Находят место в классификации по степени засоления для почвенных паст и поливной воды для полученных значений электропроводности исследуемых образцов по таблицам 7 и 8.

### ФОРМЫ ЗАПИСИ И СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

#### 1. Определение константы датчика $K$

Датчик, дата	Повторность	Нормальность раствора KCl	U, mV	I, mA	U/I	K

## 2. Определение электропроводности паст и растворов.

Почва (раствор)	№ обр.	Повторность	U	I	$K_t$	$K_{ср}$	$K_{25ср}$

Таблица 7

Удельная электропроводность стандартных растворов при разных температурах (мСм/см - миллисименс на сантиметр)

Концентрация КСl, г-экв/л	мСм/см при температуре °С				
	10°	15°	20°	25°	30°
0,01	1,020	1,147	1,278	1,413	1,552
0,1	9,330	10,48	11,67	12,88	14,12

Таблица 8

Изменение электропроводности почв в зависимости от степени их засоления

	Незасол.	Слабо-	Слабо- средне	Средне-	Средне- сильно	Сильно-	Очень сильно	Солончак
$K_{25ср}$ , мСм/см	<2,5	< 5	<10	<15	<20	<27,5	<40	>40

Таблица 9

Электропроводность поливных вод в зависимости от их минерализации

	Степень минерализации поливных вод			
	Пресные	Слабоминерализованные	Среднеминерализованные	Сильноминерализованные
Электропроводность, мСм/см	<0,25	0,25-0,75	0,75 –2,25	>2,25

## ПАРАМЕТРЫ КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Цель занятия – ознакомить студента с конструктивными особенностями каналов, расчетом расхода и скорости воды в канале.

### Вопросы для самостоятельной подготовки к занятию

1. Основные характеристики канала: живое сечение, смоченный периметр, гидравлический радиус.
2. Расход воды в канале.
3. Скорость воды в канале, понятие «критическая скорость потока».

*Литература:* Ф.Р. Зайдельман. Мелиорация почв. 2 изд. С. 143-147

**Задача 1. Определить площадь живого сечения канала (F).**

**Дано:** Ширина канала по дну; глубина воды в канале; коэффициент откоса.

**Решение.** Площадь живого сечения канала F вычисляют по формулам:

$$a) \text{ для каналов треугольной формы: } F = h^2 \times \operatorname{ctg} \varphi \quad (15)$$

$$б) \text{ для каналов трапецидальной формы: } F = (b + h \times \operatorname{ctg} \varphi)h \quad (16)$$

где F – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>; h – глубина воды в канале, м;  
ctgφ – коэффициент откоса; b – ширина канала по дну, м.

**Задача 2. Определить смоченный периметр канала (P):**

**Дано:** Ширина канала по дну (b); глубина воды в канале (h) ; коэффициент откоса (ctg φ)

**Решение.** Смоченный периметр канала P определяют по формулам:

$$a) \text{ для каналов треугольной формы: } P = 2h\sqrt{(\operatorname{ctg}\varphi)^2 + 1} \quad (17)$$

$$б) \text{ для каналов трапецидальной формы: } P = b + 2h\sqrt{(\operatorname{ctg}\varphi)^2 + 1} \quad (18)$$

**Задача 3. Определить гидравлический радиус(R) :**

**Дано:** (см. задачи 1 и 2 )

**Решение :** Гидравлический радиус (R) определяются по формуле:

$$R = \frac{F}{P} \quad (19)$$

**Задача 4. Определить скорость воды в канале по формуле Шези (V, м/с; см/с)**

**Дано:** Гидравлический радиус R (см. задача 3); уклон потока (i); коэффициент шероховатости.

$$V = C\sqrt{Ri} \quad (20)$$

где V – скорость потока, C – скоростной коэффициент, i – уклон потока, R – гидравлический радиус.

**Скоростной коэффициент C по формуле Павловского равен:**

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (21)$$

где y – показатель зависящий от R и n

$$\text{при } R < 1 \quad y = 1,5\sqrt{n} \quad (22)$$

$$\text{при } R > 1 \quad y = 1,3\sqrt{n} \quad (23)$$

## ЗАНЯТИЕ 5 (Семинар 4 часа)

### МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

Цель занятия – ознакомить студентов с диагностикой и классификацией солончаков и солончаковатых почв; с типами засоления по анионному и катионному составу солей; с понятием токсичные ионы и их расчетом; определением объема промывных норм; диагностикой и классификацией солонцов и солонцеватых почв, методикой определения норм гипса

#### Вопросы для самостоятельной подготовки студента к занятию

1. Соли токсичные и нетоксичные для растений.
2. Порог токсичности отдельных анионов для растений.
3. Тип химизма засоления и степень засоления почв.
4. Определение и диагностика солончаков и солончаковатых почв.
5. Определение и диагностика солонцов и солонцеватых почв.
6. Удаление солей из профиля засоленных почв.
7. Расчет промывной нормы по Л.П. Розову, В.Р. Волобуеву.
8. Мелиорация солонцов способом гипсования.

*Литература:* Ф.Р. Зайдельман. Мелиорация почв. 2-е изд. С.176-182, 192-196, 214- 219.

#### Задачи

**Задача 1. Определить по данным водной вытяжки тип засоления (табл. II).**

Таблица I

**Тип засоления по анионному и катионному составу солей**

Тип засоления	Отношение анионов, мг экв			Отношение катионов и анионов, мг-экв
	$Cl^-/SO_4^{2-}$	$HCO_3^-/Cl^-$	$HCO_3^-/SO_4^{2-}$	
Хлоридный и сульфатно-хлоридный	1,0-2,5 и более	-	-	-
Хлоридно-сульфатный	0,2-1,0	-	-	-
Сульфатный	<0,2	-	-	-
Содово-хлоридный	>1	<1	>1	$HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$
Содово-сульфатный	<1	>1	<1	— ” —
Хлоридно-содовый	>1	>1	>1	— ” —
Сульфатно-содовый	<1	>1	>1	— ” —
Сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный	-	>1	>1	$Na^+ < Ca^{2+}$ $Na^+ < Mg^{2+}$ $HCO_3^- > Na^+$

Дано: Химический состав водной вытяжки (мг-экв/100 г почвы)

В наименовании типа засоления включают анионы, содержание которых превышает 20% от общей суммы анионов (мг-экв); преобладающий анион должен находиться на последнем месте. Содержание аниона  $\text{CO}_3^{2-}$  в расчет не включают, так как он входит в величину общей щелочности. Если в водной вытяжке при значительном преобладании анионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  присутствуют (хотя бы в одном горизонте почвы) ионы  $\text{CO}_3^{2-}$  менее 20% от суммы мг-экв анионов, но более 0,03 мг-экв на 100 г почвы, засоление определяют по соотношению преобладающих ионов с добавлением к названию "с участием соды". То же следует делать в отношении ионов  $\text{HCO}_3^-$ , если количество их в водной вытяжке превышает 1,0 мг-экв на 100 г почвы, а  $\text{HCO}_3^-$  больше  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  (мг-экв).

Если повышенное содержание  $\text{HCO}_3^-$  обусловлено  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , тип засоления определяют как гидрокарбонатный.

**Задача 2. Определить степень засоления почв по содержанию токсичных солей в зависимости от химизма засоления (табл. 12).**

Дано: Химический состав водной вытяжки (мг-экв/100 г. почвы)

К токсичным относят ионы, способные образовывать токсичные соли. Ионы хлора, натрия, магния относят к категории токсичных. Ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$  токсичны только в том случае, когда они образуют натриевые и магниевые соли. Гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и карбонаты (бикарбонаты) кальция нетоксичны. Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова рекомендуют оценивать засоление по токсичным ионам или по сумме токсичных солей, перешедших в водную вытяжку минус водорастворимые соли гипса и карбонаты кальция. Расчеты токсичности ионов проводят в мг-экв, затем содержание этих ионов переводят в проценты и суммируют.

Расчет производят следующим образом:

При  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+}$ :

При взаимодействии  $\text{Ca}^{2+}$  (общий в водной вытяжке) с  $\text{HCO}_3^-$  образуется нетоксичная соль  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

$\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^- = \text{Ca}^{2+}$  (остаточный)

$\text{Ca}^{2+}$  (остаточный) при взаимодействии с  $\text{SO}_4^{2-}$  даст также нетоксичную соль  $\text{CaSO}_4$

$\text{SO}_4^{2-}$  (токсичный) =  $\text{SO}_4^{2-}$  (общий в водной вытяжке) -  $\text{Ca}^{2+}$  (остаточный)

Остаток  $\text{SO}_4^{2-}$  при взаимодействии с  $\text{Na}^+$  или с  $\text{Mg}^{2+}$  дает токсичные соли

В этом случае сумма токсичных солей, % =  $[\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}(\text{токс.})]$

При  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+}$ :

При взаимодействии  $\text{HCO}_3^-$  с  $\text{Ca}^{2+}$  образуется нетоксичная соль  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , остаток  $\text{HCO}_3^-$  даст токсичные соли с  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$

$\text{HCO}_3^-$  (токсичный) =  $\text{HCO}_3^-$  (общий в водной вытяжке) -  $\text{Ca}^{2+}$

В этом случае сумма токсичных солей, % =  $[\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{HCO}_3^- (\text{токс.}) + \text{SO}_4^{2-}]$

При  $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+}$

$\text{Ca}^{2+}$  (общий в водной вытяжке)  $-\text{HCO}_3^- = \text{Ca}^{2+}$  (остаточный)

$\text{Ca}^{2+}$  (остаточный)  $-\text{SO}_4^{2-}$  (общий в водной вытяжке)  $= \text{Ca}^{2+}$  (токсичный).

В последнем случае токсичность кальция связана с образованием токсичной соли  $\text{CaCl}_2$ .

Сумма токсичных ионов будет равна, %  $= [\text{Ca}^{2+}(\text{токсичный}) + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-]$

Содержание анионов  $\text{CO}_3^{2-}$  в расчет не включается, так как  $\text{CO}_3^{2-}$  входит в величину общей щелочности.

Пересчет из мг-экв в проценты выполняют с помощью следующих коэффициентов:

$\text{HCO}_3^-$	0,061
$\text{SO}_4^{2-}$	0,048
$\text{Cl}^-$	0,035
$\text{Mg}^{2+}$	0,012
$\text{Na}^+$	0,023
$\text{Ca}^{2+}$	0,020

Установив сумму токсичных солей (она равна сумме токсичных ионов, выраженных в процентах), по таблице 12 определяем степень засоления почв в зависимости от химизма засоления.

**Задача 3. Определить степень засоления почвы по «суммарному эффекту» токсичных ионов, выраженных в эквивалентной форме к иону хлора.**

**Дано:** Химический состав водной вытяжки (мг-экв/100 г. почвы)

Различные ионы обладают разной степенью токсичности и поэтому в практических целях важно установить их общее токсичное действие на растение в сопоставимом отношении, используя определенную эквивалентную форму. В качестве эквивалента принимают токсичность иона хлора. Действие 1 мг-экв  $\text{Cl}^-$  по токсичности приравнивают соответственно к действию 0,1 мг-экв  $\text{CO}_3^{2-}$ ; 3 мг-экв  $\text{HCO}_3^-$ ; 6 мг-экв  $\text{SO}_4^{2-}$ , т.е.

$$1\text{Cl}^- = 0,1\text{CO}_3^{2-} = 3\text{HCO}_3^- = 6\text{SO}_4^{2-} \quad (24)$$

В сумму токсичных ионов входят ион  $\text{Cl}^-$ , а также ионы  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , связанные с натрием и магнием.

Таблица 12

**Классификация почв по содержанию токсичных солей в зависимости от химизма засоления,  
% в водной вытяжки при соотношении почва-вода 1:5 (Панкова, Мазиков, 1985)**

Степень засоления почв	Химизм засоления (соотношение ионов), мг-экв/100 г.почвы					
	нейтральное			щелочное		
	Хлоридный и сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный	Сульфатный	Хлоридно-содовый и содово-хлоридный	Сульфатно-содовый и содово-сульфатный	Сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный
	Cl/SO <sub>4</sub> >1 pH<8,5	Cl/SO <sub>4</sub> =1 - 0,2 pH<8,5	Cl/SO <sub>4</sub> <0,2 pH<8,5	Cl/SO <sub>4</sub> >1 pH>8,5 HCO <sub>3</sub> >Ca+Mg HCO <sub>3</sub> ≥ Cl HCO <sub>3</sub> < SO <sub>4</sub>	Cl/SO <sub>4</sub> <1 pH>8,5 HCO <sub>3</sub> >Ca+Mg HCO <sub>3</sub> >Cl HCO <sub>3</sub> ≯ SO <sub>4</sub>	- pH<8,5 HCO <sub>3</sub> <Ca+Mg HCO <sub>3</sub> > Cl HCO <sub>3</sub> >SO <sub>4</sub>
Порог токсичности (незасоленные почвы)	<0,05	<0,10	<0,15	<0,10	<0,15	<0,15
Слабозасоленные	0,05-0,12	0,10 - 0,25	0,15-0,30	0,10-0,15	0,15-0,25	0,15-0,30
Среднезасоленные	0,12-0,36	0,25 - 0,50	0,30-0,60	0,15-0,30	0,25-0,40	0,30-0,50
Сильнозасоленные	0,35-0,70	0,50 -1,00	0,60-1,50	0,30-0,60	0,40-0,60	Не встречаются
Солончаки	>0,70	>1,00	>1,50	>0,50	>0,60	

**Оценка степени засоления почв по сумме эквивалентного действия токсичных ионов**

Степень засоления	«Суммарный эффект» токсичных ионов, мг-экв
Незасоленные	< 0,3
Слабозасоленные	0,3-1,0
Среднезасоленные	1,0-3,0
Сильнозасоленные	3,0-7,0
Очень сильнозасоленные	>7,0

**Задача 4. Определить промывную норму для засоленных почв по сумме токсичных солей**

Дано: Химический состав водной вытяжки (мг-экв/100 г.почвы). Плотность сложения (г/см<sup>3</sup>)

4.1. Рассчитать запас токсичных солей в профиле почвы, т/га

$$S = s \cdot \rho_b \cdot h \quad (25)$$

где S – запас солей; т/га,  $\rho_b$  – плотность сложения сухой почвы, г/см<sup>3</sup>; h – мощность слоя, см; s – содержание токсичных солей, % от массы почвы.

4.2. Определить средневзвешенное содержание солей в рассоляемом слое, h, %

$$S = \frac{s_1 \rho_1 h_1 + s_2 \rho_2 h_2 + \dots + s_n \rho_n h_n}{\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 + \dots + \rho_n h_n} = \frac{\sum S \rho h}{\sum \rho h}, \quad (26)$$

где S – средневзвешенное содержание токсичных солей, %;  $\rho_b$  – плотность сложения сухой почвы, г/см<sup>3</sup>;  $s_1, \dots, s_n$  – содержание токсичных солей, %; h – мощность расчетного слоя, см

4.3. Определить промывную норму по формуле В.Р. Волобуева:

$$M = 10000 \cdot \alpha \cdot \lg \frac{S_H}{S_0}, \quad (27)$$

где M – промывная норма (м<sup>3</sup>/га);  $\alpha$  – показатель солеотдачи, определяемый по данным опытно-производственных промывок (таблица 9);  $S_H$  – содержание токсичных солей в промываемом слое почвогрунта до промывки;  $S_0$  – допустимое содержание солей (% от массы почвы).

Промывка считается завершённой, если допустимое содержание солей ( $S_0$ ) в почвогрунтовой толще не превышает следующие величины в зависимости от типа засоления почв (% от массы)

Хлоридное	0,2
сульфатно-хлоридное	0,3
хлоридно-сульфатное и сульфатное	0,4

Таблица 14

**Значения показателей солеотдачи  $\alpha$  в зависимости от химического и гранулометрического состава промываемых почв (Волобуев, 1975)**

Гранулометри- Ческий состав	Тип солей			
	Хлоридный	Сульфатно- Хлоридный	Хлоридно- Сульфатный	Сульфатный
Песчаный, супесчаный	0,62	0,72	0,82	1,18
Суглинистый	0,92	1,02	1,12	1,41
Сулинистый и глинистый	1,22	1,32	1,42	1,78
Глинистый	1,80	1,90	2,10	2,40
Слитые глинистые почвы	2,70	2,80	3,00	3,30

**Задача 5. По содержанию поглощенного натрия и емкости поглощения (мг-экв на 100 г почвы) определить:**

**5.1. Вид солонца по содержанию поглощенного натрия в солонцовом горизонте.**

**5.2. Рассчитать количество гипса, необходимого для замены избытка поглощенного натрия на кальций (по Гедройцу)**

$$M = 0,086 (Na^+ - 0,05T)h \cdot \rho_v \quad (28)$$

где  $M$  – мелиоративная норма гипса (т/га  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ );  $T$  – емкость поглощения (мг-экв на 100 г почвы);  $0,05T$  – при расчетах норм гипса допускают, что до 5% натрия от емкости поглощения может оставаться в почве. Такое количество натрия не отражается отрицательно на ее свойствах;  $Na^+$  – содержание поглощенного натрия (мг-экв на 100 г почвы);  $0,086$  – коэффициент пересчета при определении количества гипса (т), необходимого для вытеснения поглощенного натрия из одной тонны почвы;  $h$  – мощность пахотного слоя (см);  $\rho_v$  – плотность сложения сухой почвы, г/см<sup>3</sup>.

**Дано:** содержание поглощенного натрия и емкость поглощения (мг-экв на 100 г почвы), плотность сложения почвы (г/см<sup>3</sup>) и мощность пахотного слоя (см)

**Задача 6. Определить тип, подтип, род и вид солонца (табл. 15)**

## Классификация солонцов (по классификации почв СССР)

Тип	Подтип (по зональному признаку)	Род *	Вид
Солонцы автоморфные	Солонцы черноземные Солонцы каштановые Солонца бурые полупустынные	<u>По химизму засоления:</u> содовые, смешанные: содово-сульфатные, содово-хлоридносульфатные нейтральные: сульфатно-хлоридные; хлоридно-сульфатные	<u>По мощности</u> <u>надсолонцового горизонта</u> корковые (A1 < 3 см) мелкие (A1 3-10 см) средние (A1 10-18 см) глубокие (A1 > 18 см)
Солонцы полугидроморфные	Солонцы лугово-черноземные Солонцы лугово-каштановые Солонцы лугово-бурые полупустынные	<u>По глубине засоления</u> (верхняя граница солевых выделений): солончаковатые – легкорастворимые соли на глубине 5-30 см высокосолончаковатые – 30-50 см солончаковатые – 50-100 см глубокосолончаковатые – 100-200 см несолончаковатые (глубокозасоленные) -200см	<u>По содержанию</u> <u>поглощенного</u> <u>натрия в солонцовом</u> <u>горизонте</u> остаточные - до 10% малонатриевые – 10-25% средненатриевые – 25-40% многонатриевые - >40%
Солонцы гидроморфные	Солонцы черноземно-луговые Солонцы каштаново-луговые Солонцы бурые полупустынные луговые Солонцы лугово-болотные Солонцы мерзлотно-луговые	<u>По степени засоления:</u> солонцы-солончаки сильнозасоленные среднезасоленные слабозасоленные незасоленные (встречаются очень редко)	<u>По степени осолодевания:</u> слабоосолоделые осолоделые сильноосолоделые
		<u>По глубине залегания карбонатов и гипса</u> Высококарбонатные - < 40 см глубококарбонатные - >40 см высокогипсовые - < 40 см глубокогипсовые - >40 см	<u>По структуре солонцового</u> <u>горизонта ВI</u> столбчатые ореховатые призматические глыбистые

- Разделение на роды и виды относится ко всем типам

**Задача 7. Качественные определения хлоридов, сульфатов и соды в водных вытяжках (лабораторное занятие)**

**Ход определений**

10 г воздушно-сухой почвы поместить в колбу, емкостью 250 мл и прилить 50 мл дистиллированной воды, закрыть пробкой и взболтать 1-2 минуты, профильтровать. Фильтрат разлить в 4 пробирки; оставшуюся суспензию перелить в фарфоровую чашку.

**1. Определение иона хлора ( $\text{Cl}^-$ ).** К 5-10 мл исследуемой вытяжки добавить 2-3 капли 1% раствора азотнокислого серебра, подкисленного  $\text{HNO}_3$ . В присутствии хлора образуется помутнение или белый осадок  $\text{AgCl}$ . За появлением осадка наблюдают на черном фоне.

**2. Определение сульфат-иона ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).** В пробирку с 5-10 мл исследуемой вытяжки прибавить 3-4 капли 10% раствора хлористого бария, слегка подкисленного соляной кислотой. В присутствии сульфат-иона из раствора выпадает белый кристаллический осадок. Помутнение в пробирке наблюдать сбоку на черном фоне через 1-2 минуты.

**3. Пробу на соду** следует делать в суспензии в белой фарфоровой чашке, приливая фенолфталеин по краям. Если в малиновый цвет суспензия не окрасилась после прибавления фенолфталеина, то  $\text{CO}_3^{2-}$  в этом растворе нет. Сода отсутствует.

## ОСУШИТЕЛЬНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ

Цель занятия – ознакомить студента с особенностями почв избыточного увлажнения, понятиями время и норма осушения, расчетными методами определения междренних расстояний, условиями применения кротового дренажа и методами определения устойчивости кротовых дрен, вопросами закупорки гончарного дренажа гидроокисью железа.

### Вопросы для самостоятельной подготовки студента к занятию:

1. Определение коэффициента фильтрации ( $K_f$ ) для расчета дренажа в поле и в лаборатории.
2. Время и норма осушения
3. Глубина осушения и междренние расстояния.
4. Определения междренних расстояний осушаемых почв;
  - а) по гранулометрическому составу;
  - б) по формуле Хугхаудта.
5. Полевые и лабораторные методы определения коэффициента фильтрации для расчета дренажных систем.
6. Методы определения устойчивости кротовых дрен.
7. Закупорка дренажа гидроокисью железа и профилактические мероприятия по их защите.

*Литература:* Ф.Р. Зайдельман. Мелиорация почв. 2 изд. С. 284-288; 297-307.

Ф.Р.Зайдельман Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР, М., 1981. С. 72-73; 103-105.

### Задачи

*Задача 1. Определить междреннее расстояние по формуле Хугхаудта. (цит. по Эггельсману, 1984)*

Формула Хугхаудта позволяет рассчитывать междренние расстояния для трех наиболее распространенных случаев действия дренажа.

- 1) Дрены лежат непосредственно на водонепроницаемом слое или чуть выше этого слоя. Преобладает горизонтальное сопротивление, радиальное незначительно и им можно пренебречь.
- 2) Водонепроницаемый слой находится на большой глубине (более 1/4 расстояния между дренами). Радиальное сопротивление оказывает большое влияние, горизонтальным сопротивлением можно пренебречь.
- 3) Глубина залегания водонепроницаемого слоя ниже дна дрены составляет менее 1/4 расстояния между дренами. Радиальное сопротивление не учитывают.

Для всех случаев Хугхаудт дает практическое решение с помощью следующей формулы:

$$E^2 = \frac{8Kf_2dh}{S} + \frac{4Kf_1h^2}{S}, \quad (29)$$

где  $E$  – расстояние между дренами, м;  $Kf_1$  – коэффициент фильтрации слоя почвы, расположенной выше дрены, м/сут;  $Kf_2$  – коэффициент фильтрации слоя почвы, расположенного ниже дрены, м/сут;  $h$  – допустимая высота зеркала грунтовых вод в середине междреннего пространства, м;  $d$  – фактор (м), эквивалентная толщина водоносного слоя ниже оси дренажной трубы до водоупора в зависимости от  $E$  (находим по табл. 16);  $D$  – расстояние от дрены до водоупорного слоя, м;  $S$  – максимальное количество отводимой воды осадков, м/сут. Первая часть формулы соответствует режиму

Гомогенная почва	Двуслойная почва	Двуслойная почва
$Kf_1 = Kf_2$	$Kf_1$ $Kf_2$	$Kf_1$ $Kf_2$

$$8Kf_2h/S \quad E=5+25 \quad 4Kf_1h^2/S \quad 8Kf_2h/S \quad E=10+100m \quad 4Kf_1h^2/S$$

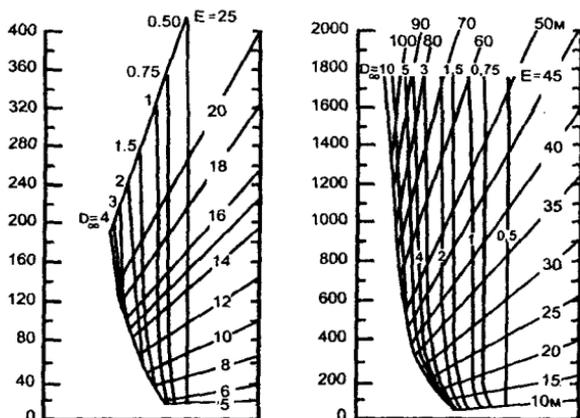


Рис. 5. Номограмма для определения междренних расстояний по формуле Хугхаудта (по Эггельсманну, 1984).

Расстояния между дренами могут быть определены двумя способами:

1. графическим с помощью номограммы (рис. 5) и
2. аналитическим с помощью таблицы 16 (методом приближения в процессе подбора и сравнения)

грунтового потока на участке выше дрены.

Студенту предлагается решить два варианта задачи определения междренних расстояний с использованием заданных значений  $Kf_1$ ,  $Kf_2$ ,  $S$ ,  $d$ . Все необходимые для расчетов данные приведены в условии задачи.

**Пример:** Дано:  $Kf_1 = 0,38$  м/сут;  $Kf_2 = 1,45$  м/сут;  $h = 0,5$  м;  $S=0,007$  м/сут;  $D = 2,4$  м

Таблица 16

**Фактор d для расчета расстояния между дренами без номограммы (Эггельсманн, 1984)**

D, м	Фактор d для расстояний между дренами, м										
	5	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,50	0,47	0,48	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,75	0,60	0,65	0,69	0,71	0,73	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76
1,00	0,67	0,70	0,80	0,86	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96
1,25	0,70	0,82	0,89	1,00	1,05	1,09	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15
1,50	0,71	0,88	0,97	1,11	1,19	1,25	1,28	1,31	1,34	1,35	1,36
1,75	0,71	0,91	1,02	1,20	1,30	1,39	1,45	1,49	1,52	1,5	1,57
2,00	0,71	0,93	1,08	1,28	1,41	1,50	1,57	1,62	1,66	1,70	1,72
2,50	0,71	0,93	1,14	1,38	1,57	1,69	1,79	1,87	1,94	1,99	2,02
3,00	0,71	0,93	1,14	1,45	1,67	1,83	1,87	2,08	2,16	2,23	2,29
3,50	0,71	0,93	1,14	1,50	1,75	1,93	2,11	2,24	2,35	2,45	2,54
4,00	0,71	0,93	1,14	1,53	1,81	2,02	2,22	2,37	2,51	2,62	2,71
5,00	0,71	0,93	1,14	1,53	1,88	2,15	2,38	2,58	2,75	2,89	3,02

\* Расстояние от поверхности до водоупора

### Решение задачи

В таблице 17 приведены вспомогательные величины в зависимости от данного значения  $S$  м/сут (в вертикальных колонках слева приведены значения выражения  $8h/S$ , справа –  $4h^2/S$ ).

Для заданных величин  $S=0,007$  и  $h=0,5$

$$8h/S = 570;$$

$$4h^2/S = 145$$

Соответственно слагаемые в уравнении Хугхаудта равны

$$4Kf_1h^2/S = 0,38 \cdot 145 = 55$$

$$8Kf_2h/S = 1,45 \cdot 570 \approx 827 \text{ (без параметра } d)$$

**Вспомогательные величины к номограмме определения расстояний между дренами**

H, м	S, мм/сут				
	5	7	9	10	17
0,1	160-8	115-6	92-5	80-4	46-3
0,2	320-32	230-23	185-19	160-16	92-9
0,3	480-72	345-52	280-42	240-36	140-21
0,4	640-128	455-92	370-74	320-64	185-37
0,5	800-200	570-145	465-115	400-100	230-58
0,6	960-290	680-205	560-170	480-145	280-85
0,7	1120-390	800-280	650-225	560-195	325-115
0,8	1280-510	920-365	740-295	640-255	370-150
0,9	1440-650	1030-465	840-375	720-325	420-190
1,0	1600-800	1140-570	920-460	800-400	460-230
$\lambda/c \text{ га}$	0,6	0,8	1,0	1,2	2,0

На левой и правой шкале номограммы (рис.5) находим точки, соответствующие обоим значениям и соединяем их с помощью линейки. В точке пересечения с кривой  $D=2,4$  м получаем значение  $E$ . В данном случае оно равно 41 м.

Проверяем значение  $E$  с помощью формулы. Согласно найденному значению  $E$  по номограмме 41 м. По таблице 16 при заданном параметре  $D=2,4$  находим значение  $d=1,94$

Подставляем фактор  $d$  формулу:

$$E = \sqrt{\frac{8 \times 1,45 \times 1,94 \times 0,5 + 4 \times 0,38 \times 0,25}{0,007}} \quad (30)$$

$$41 \text{ м} \approx 40,8$$

Расстояние между дренами составляет 41 м.

С помощью номограммы можно довольно точно определить расстояние между дренами. Это определение имеет два преимущества: быстрота расчета и быстрота в оценке относительной эффективности тех факторов, которые влияют на расстояние между дренами.

## **Задача 2. Метод определения междренних расстояний по гранулометрическому составу почв.**

Метод определения междренних расстояний по гранулометрическому составу почв основан на предположении, что чем тяжелее почвы, тем меньше должны быть междренние расстояния.

На рис. 6 приведен график, отражающий зависимость междренних расстояний (м) и глубины заложения дрен от содержания в почве физической глины (частиц менее 0,01мм), определенной по методу гранулометрического анализа почв Н.А. Качинского. Для более точного

определения междренных расстояний необходимо учитывать ряд поправок к графику, связанных главным образом с особенностями осушаемого массива (табл. 18, 19). При содержании в почвах пылевой фракции более 40% расстояния между дренами уменьшают на 20%.

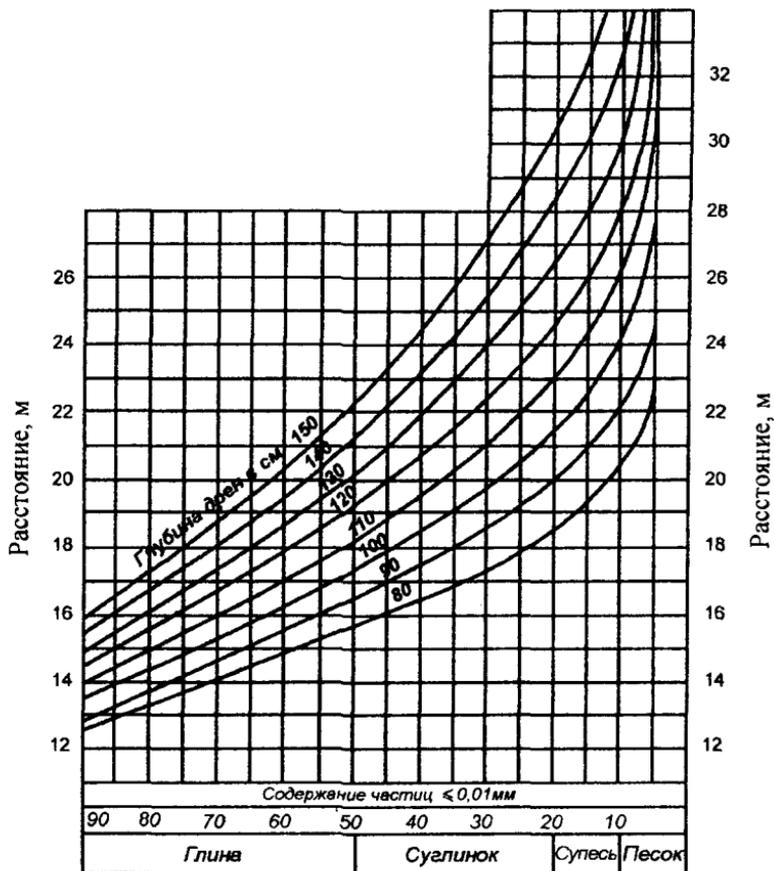


Рис. 6. Номограмма для определения междренных расстояний по гранулометрическому составу.

В слоистых неоднородных по гранулометрическому составу почвах междренные расстояния определяют с учетом свойств отдельных слоев. Междренные расстояния в этом случае оцениваются как арифметически

средневзвешанная сумма междренних расстояний, свойственных отдельным слоям:

$$L_i = \frac{E_1(h_1 - a) + E_2h_2 + \dots + E_n(h_n + 0.2)}{H + 0.2 - a} \quad (31)$$

где  $E_1, E_2, \dots, E_n$  – расстояние между дренами для слоев различного гранулометрического состава,  $h_1, h_2, \dots, h_n$  – мощность слоев, м;  $a$  – мощность пахотного горизонта, м;  $H$  – расстояние от дневной поверхности до дрены, м.

Метод определения междренних расстояний по гранулометрическому составу осушаемых почв получил широкое распространение в практике проектирования и строительства закрытого керамического и пластмассового дренажа. Однако он пригоден только для определения междренних расстояний в почвах, образованных на кислых породах и имеющих элементарное (пески, супеси) или микроагрегатное (покровные, озерные, моренные и др. суглинки и глины) строение. Для почв макроагрегатной структуры, например, для пойменных, некоторых луговых и иных структурных почв этот метод непригоден.

Таблица 18

**Поправочные коэффициенты междренних расстояний в зависимости от гранулометрического состава почв и их свойств**

Показатели	Сумма частиц									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	
При использовании почв под сенокосы	+10			+15			+20			+25
Мощность гумусового горизонта $\geq 30$ см	+10			+5			0			
Карбонаты $\text{CaCO}_3$	+10			+5			0			
Степень оглеения										
слабые признаки оглеения	-15			-10			-5			
глеватые почвы	-25			-20			-10			
глеевые почвы	-35			-25			-15			
Водопроницаемые прослойки	+20		+15	+10			+5			

Это объясняется тем, что в осушаемых почвах с хорошо выраженной структурой нарушается прямая зависимость между содержанием физической глины и их водопроницаемостью. В последнем случае расчет междренних расстояний по содержанию физической глины, как правило, приводит к резкому и неоправданному сгущению дренажа и нецелесообразному обезвоживанию почв.

Для определения междренних расстояний этим методом студент использует данные гранулометрического состава почвы и характеристику ее генетического профиля.

Дано: Генетический профиль дерново-подзолистой почвы разной степени оглеения; мощность слоев этого профиля (м); содержание в слоях частиц менее 0,01 мм (физической глины); элемент рельефа заложения профиля; крутизна склона.

Таблица 19

**Дополнительные поправочные коэффициенты к значениям междренних расстояний в связи с гидрологическими особенностями осушаемой территории и рельефа**

Среднегодовая сумма осадков, мм	750	700	650	600	550	500
Поправка, %	-25	-10	0	+10	+25	+30
Уклоны	до 0,002		0,002-0,01		0,01-0,2	
Поправка, %	0		+15		+30	
Навпорные воды	Расстояния уменьшают на 30-50 %					
Признаки поступления Ожелезненных грунтовых вод	Расстояния уменьшают на 10-20%					
Замкнутые котловины	Расстояния уменьшают на на 20-30 %					

### **Задача 3. Полевые и лабораторные методы определения коэффициента фильтрации для расчета дренажных систем**

#### **Общие положения**

Методы определения коэффициентов фильтрации (Кф) осушаемых почв имеют определенную специфику, которая обусловлена тем, что объектом изучения в этом случае оказываются переувлажненные или обводненные почвы. Эти обстоятельства исключают возможность использования инфльтрационных методов, таких как, например, методы Нестерова, Качинского, Болдырева и других. Поскольку знакомство с этими методами предусмотрено программой обучения студентов 3 курса, здесь рассмотрены только такие методы, которые могут быть использованы для определения Кф гидроморфных почв.

### 3.1. Метод Доната-Эркина определения $K_{\Phi}$ по восстановлению уровня воды в скважине в неоплывающих и необводненных с поверхности почвогрунтах.

В мелиоративной практике для расчета основных параметров дренажа наибольшее распространение получил метод определения  $K_{\Phi}$  по восстановлению уровня воды в скважине. Метод весьма близко отражает условия фильтрации воды в боковом (латеральном) направлении к дренам. Он прост, предполагает однократное понижение воды в скважине и последующую фиксацию скорости подъема ее уровня.

По Эркину метод определения  $K_{\Phi}$  по восстановлению уровня воды в скважине предполагает выполнения следующих операций.

На характерной в отношении рельефа и растительности точке исследуемой почвенной разновидности буром диаметром 10-20 см проходят скважину. При исследовании фильтрационных свойств однородных по механическому составу горизонтов дно скважины должно залегать на 10-20 см выше отличного по своей водопроницаемости слоя. В слабопроницаемых почвогрунтах к определению фильтрации приступают спустя 24-48 ч, в хорошо водопроницаемых через 6-12 часов после завершения проходки скважины, предварительно удалив скопившуюся при бурении воду. Перед началом наблюдений в полевой журнал записывают (рис 7) глубину установившегося уровня воды от дневной поверхности  $h$ , глубину скважины  $L$ , мощность слоя воды в скважине  $H$ , и ее диаметр  $D$ . После завершения этих измерений насосом, клапанной водочерпалкой (желонкой), или черпаком на длинной ручке (в широких скважинах) откачивают воду. Удобно использовать для быстрой однократной откачки легкую пластмассовую трубу, снабженную резиновым клапаном. Такую трубу опускают в скважину, заполняют водой и извлекают на поверхность (рис. 8).

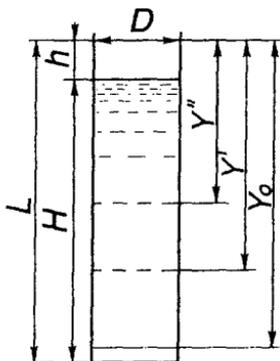


Рис.7. Параметры скважины, необходимые для определения боковой водопроницаемости.

Условные обозначения:  $L$  – глубина скважины;  $H$  – мощность слоя воды в скважине;  $h$  – глубина установившегося уровня воды от дневной поверхности;  $D$  – диаметр скважины

Во всех случаях слой воды в скважине не должен превышать 5-10 см. Этот уровень  $Y_0$  соответствует началу наблюдений. Время, необходимое для последующих измерений положений воды в скважине  $J_1, J_2, J_3$  и так далее

фиксируют хронометром. Изменение уровня воды в скважине отмечают по мерной рейке, блоковым уровнемером, уровнемером Кибальчича (рис. 9).

Отсчеты продолжают до тех пор, пока уровень воды в скважине в хорошо фильтрующих грунтах не восстановит  $3/4H$  (первоначального положения), а в слабопроницаемых почвах достигнет высоты, соответствующей  $1/2H$ .

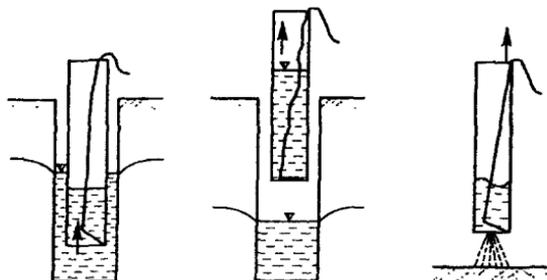


Рис. 8. Труба с клапаном (желонка) для откачки воды из скважины

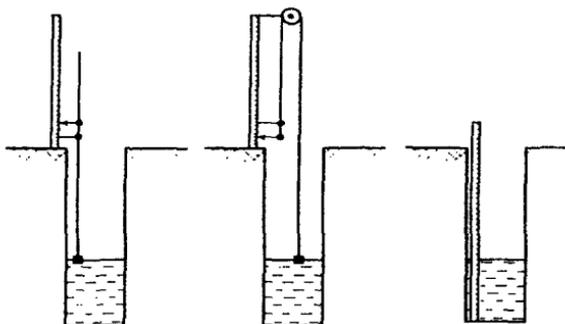


Рис. 9. Различные типы уровнемеров для определения положения воды в скважине:

шей  $1/2H$ .

Таблица 20

Формы записи полевых наблюдений при определении горизонтальной водопроницаемости по скорости восстановления уровня воды в скважине после откачки

№	Отсчет времени	Число минут (сек.) от начала измерения	Расстояние от поверхности почвы до уровня воды в скважине, см	Незаполненность скважины, см	$\frac{J_0}{J}$	$\lg \frac{J_0}{J}$	$\text{tg} \alpha = \frac{\lg \frac{J_0}{J}}{t}$

Исходное положение уровня воды в скважине непосредственно после откачки (ноль секунд) обозначают как  $J_0$ . Коэффициент фильтрации рассчитывают по формуле Эркина

$$K_{\phi} = \frac{3,5r^2}{H+D} \times \frac{\lg \frac{J_0}{J}}{t} = \frac{3,5r^2}{H+D} \times \text{tg} \alpha \quad (32)$$

где  $t$  – время, за которое уровень воды в скважине поднялся от положения  $J_0$  и  $J$ , с;  $H$  – расстояние от начального уровня грунтовых вод до дна скважины, см;  $D$  и  $r$  – диаметр и радиус скважины, см.

Значения  $\text{tg} \alpha$  могут быть найдены графически (рис. 10) или путем расчета.

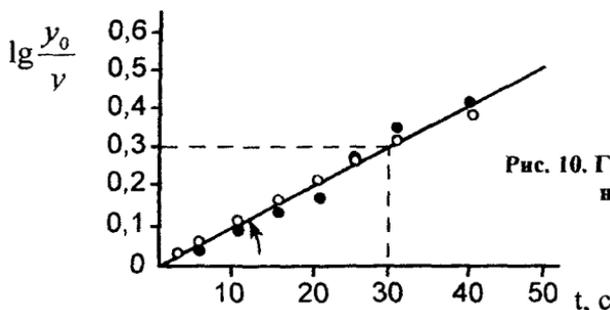


Рис. 10. График для нахождения  $\text{tg} \alpha$

### 3.2. Метод определения коэффициента фильтрации по восстановлению уровня воды в скважине в обводненных и оплывающих почвогрунтах в модификации Зайдельмана

Определение  $K_{\phi}$  по методу Доната-Эркина может быть выполнено при двух условиях: во-первых, выше исследуемого обводненного слоя должна залегать толща, свободная от гравитационной влаги; во-вторых, стенки скважины не подвергаются оплыванию в ходе наблюдений. Однако такие условия нередко отсутствуют и определение боковой фильтрации по восстановлению уровня воды в скважине необходимо выполнять в слоях, выше которых расположены водонасыщенные горизонты. Кроме того, стенки скважин могут подвергаться быстрому оплыванию, особенно в тех случаях, когда они образованы породами легкого гранулометрического состава. Поэтому, если заболоченные и болотные почвы обводнены с поверхности или выше исследуемых горизонтов, скважину обсаживают металлической трубой таким образом, чтобы исключить поступление воды через устье. Для обсадки скважины могут быть использованы короткие (70, 100, 150) отрезки труб снабженные воротком (рис. 11а).

Буровые скважины следует выполнять специальным буром (рис. 11б), который состоит из трубчатой рукоятки и штанги; в нижней части штанги имеет крупное отверстие, защищенное от попадания разжиженного почвогрунта металлической заслонкой. Такая конструкция обусловлена тем, что извлечение бура из обводненной толщи почвогрунта возникает разрежение, которое удерживает бур в скважине и затрудняет его извлечение. Наличие трубчатого канала и отверстия в штанге облегчает поступление воздуха, ко-

торый снимает образовавшийся вакуум. В суглинистых, глинистых и торфяных почвах, пользуясь такой обсадной трубой или комплектами труб разной длины, можно, защитив исследуемый слой от обводнения из вышележащих горизонтов, определить водопроницаемость как всей толщи почвы (суммарную фильтрацию), так и водопроницаемость отдельных крупных слое. В последнем случае обсадные трубы вводят таким образом, чтобы обеспечить поступление воды в скважину только из исследуемого слоя.

В обводненных легких почвогрунтах применение обсадных является недостаточным условием, так как водоносный песок обычно быстро заполняет скважину. В этом случае бурение скважины выполняют с одновременной обсадкой последней металлическими трубами.

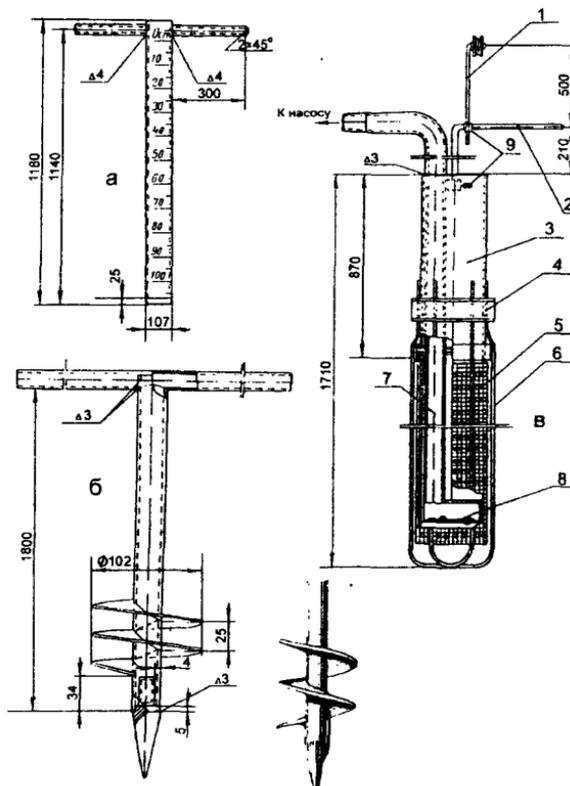


Рис. 11. Комплекс инструментов для определения боковой водопроницаемости в обводненных с поверхности почвогрунтах (размеры в мм).

Условные обозначения: а – обсадная труба с воротком; б – бур-змейвик; в – монтаж фильтра на обсадной трубе; 1 – блок уровнемера; 2 – рукоятка опорной трубы; 3 – опорная труба; 4 – кольцо для крепления кожуха; 5 – съемный фильтр; 6 – защитный кожух фильтра; 7 – патрубков для откачки воды из скважины; 8 – клапан патрубков; 9 – зажим.

Немедленно после завершения проходки песчаной толщи на исследуемую глубину в скважину опускают специальный перфорированный трубчатый фильтр длиной не менее 60 см, обсадную трубу поднимают на поверхность, а фильтр с помощью специальной ручки (рис 11в) удерживают в скважине. После подъема трубы верхняя часть фильтра длиной около 10 см должна быть защищена обсадной трубой, а нижний его отрезок длиной не менее 50 см располагается в исследуемой толще почвогрунта.

Для откачки воды из скважины используют ручной насос или желонки. Шланг насоса прикрепляют к металлической трубке, приваренной к внутренней стороне фильтра, а ее верх выступает над кромкой опорной трубы фильтра на 5...10 см. Сетку фильтра защищают от разрыва специальным проволочным кожухом.

Последующие операции определения скорости восстановления уровня воды в скважине после откачки и расчет Кф полностью совпадают с изложенной выше методикой.

### **3.3. Метод определения вертикальной и латеральной фильтрации почв по Ханусу.**

В мелиоративной практике в последние годы для определения Кф широкое распространение получил метод Хануса, основанный на определении Кф в лабораторных условиях на малых образцах ( $V = 250 \text{ см}^3$ ). Образцы отбирают с помощью режущих цилиндров в 6-ти кратной повторности в горизонтальном и вертикальном направлениях из шурфа. Определение проводят на предварительно насыщенной водой образцах с использованием несложной аппаратуры (рис. 12). Наиболее целесообразно применение этого метода в образцах со стабильной структурой, низким содержанием гумуса, слабой набухаемостью, без трещин и иных вторичных пор (ходов землероев, корней растений и др.). Метод дает заметную ошибку в образцах песчаных и глинистых почв, в первом случае из-за их возможного нарушения структуры при транспортировке и установке образцов, во втором – из-за их трещиноватости и набухаемости. Очевидно, этот метод нельзя использовать для скелетных почв, обогащенных каменным материалом.

В сухих слоях суглинистых и глинистых почв перед отбором образцов для определения Кф необходимо произвести длительное увлажнение горизонтов для того чтобы искусственно вызвать их полное набухание. По этой причине весьма целесообразно производить отбор образцов после затяжных дождей или сразу после завершения паводка.

Расчет Кф при использовании метода Хануса производят по формуле

$$K\phi = \frac{Q \cdot L \cdot 10}{S \cdot T \cdot \Delta H} \quad (33)$$

где  $Q$  – объем воды, поступивший из исследуемого образца за время  $T$ ,  $\text{см}^3$ ;

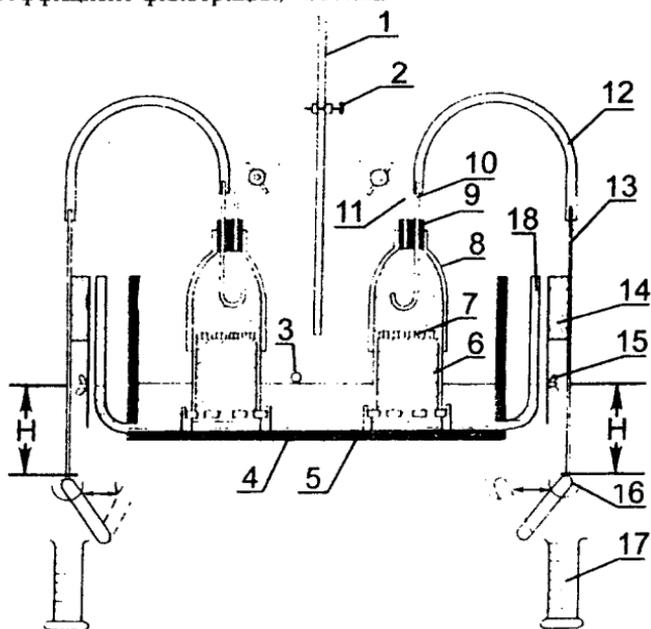
$L$  – длина образца, см;

$S$  – площадь поперечного сечения образца,  $\text{см}^2$ ;

$\Delta H$  – гидравлический напор, см. водного столба;

$T$  – время, мин;

$K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации, мм/мин.



**Рис. 12. Прибор для определения  $K_{\phi}$  в по методу Хануса (1965)**

Условные обозначения: 1 - водопровод; 2 - штатив; 3 - трубка стока; 4 - ванна; 5 - пластиковая защита; 6 - режущий цилиндр с почвенной пробой; 7 - грубозернистая керамическая пластина; 8 - пластиковая крыша; 9 - пробка резиновая; 10 - трубка для стока воды из цилиндра; 11 - трубка для выпуска воздуха; 12 - полиэтиленовый переход; 13 - стеклянная трубка; 14 - деревянная планка; 15 - зажим; 16 - качающийся желоб; 17 - мерный цилиндр; 18 - водомерная трубка.

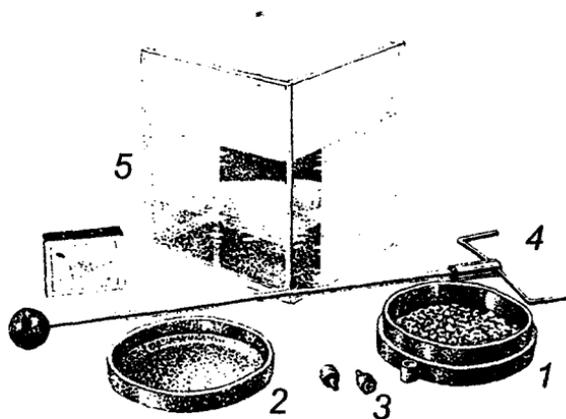
При расчете  $K_{\phi}$  следует иметь ввиду, что  $1 \text{ мм/мин} = 1,44 \text{ м/сут} = 0,00167 \text{ см/сек}$

#### **6.4. Метод определения устойчивости кротовых дрен в минеральных почвах по Зайдельману.**

Быстрый (экспресс) метод полевого и лабораторного определения устойчивости кротовых дрен основан на том, что интенсивность размокания в воде почвенных агрегатов является интенгрирующим показателем срока службы кротовых дрен.

Для определения устойчивости и срока действия земляной дрены образец почвы массой 300-400 г высушивают до воздушно-сухого состояния (недопустима сушка в термостатах, печах, на солнце - при температуре более 40-45° С) и пропускают через сито с диаметром отверстий 5 мм на сито 3 мм. Навеску агрегатов размером 3-5 мм и массой 20 г помещают в цилиндрическую металлическую коробку высотой 20 мм, дно и съемная крышка которой затянуты сеткой (рис. 13). Диаметр ячеек плетеной сетки равен 0,5мм. К образцу коробки присоединяют съемную рукоятку. Далее сетчатую коробку с образцом помещают в сосуд с водой (высота столба воды в сосуде 140 мм) и оставляют в покое в течение 10 мин для промачивания агрегатов.

После этого образец в коробке подвергают 50-ти кратной проводке в сосуде (одна проводка - опускание и подъем навески). Продолжительность каждой проводки 1,5-2,0 сек в течении 1,5-2,0 мин. Затем коробку извлекают из воды и отделяют от держателя. Остаток образца после водного просеивания переносят на фильтр, высушивают и взвешивают. По сохранившемуся остатку судят об устойчивости кротовых дрен (табл. 21).



**Рис. 13.** Прибор для определения устойчивости кротовых дрен в почвах по интенсивности размокания воздушно-сухих агрегатов.

Условные обозначения: 1. -- сетчатая коробка; 2. -- сетчатая крышка коробки; 3. -- зажимы рукоятки; 4. -- рукоятка; 5. -- сосуд для просеивания в воде.

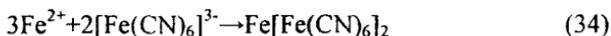
**Определение устойчивости и срока службы кротовых дрен по массе воздушно-сухих агрегатов после просеивания в воде \***

Характеристика работы кротовых дрен	Дрены хорошо действуют в течение 3-4 лет и более	Дрены действуют в течении 2-3 лет, в отдельных случаях не более 1-2 лет	Дрены недостаточно устойчивы. Срок действия 3-4 месяца -1 год	Дрены совершенно неустойчивы и запыляются спустя 2-3 месяца после устроительства
Остаток после просеивания, г	10-20	4-10	1-4	До 1
Морфологическая характеристика остатка агрегатов	Хорошо сохранившиеся крупные агрегаты	Крупные и мелкие агрегаты	Мелкие (1мм) агрегаты	Мелкие агрегаты, орштейны, камни, зерна кварца

\*<sup>1</sup>) При определении массы остатка после просеивания в воде учитывают только массу суглинистых или глинистых агрегатов. В расчет не принимают массу орштейнов, камней, кварцевых зерен и т.п.

**6.5. Определение содержания закисного железа в грунтовых водах**

Количественный метод определения содержания закисного железа в грунтовых водах основан на способности иона  $Fe^{2+}$  образовывать с феррицианидом калия (красная кровяная соль)  $K_3[Fe(CN)_6]$  - турбулеву синь, окрашивающую раствор в синий цвет.



При анализе грунтовых вод интенсивность окраски в исследуемой пробе сопоставляют с окраской стандартных растворов.

Готовят эталонный раствор, содержащий 0,1 мг/мл FeO или 0,08 мг/л  $Fe^{2+}$ . Зеленые невыветрившиеся кристаллы соли Мора в количестве 0,5462 г растворяют в 500 мл 0,1 н  $H_2SO_4$  в мерной колбе на 1 л. Раствор доводят до метки дистиллированной водой. Для приготовления шкалы сравнения в пять мерных колб на 100 мл переносят 4, 8, 15, 31, 63 мл эталонного раствора и доводят до метки дистиллированной водой; концентрация железа в этих колбах составит соответственно 3, 6, 12, 25 и 50 мг/л.

Реактив на закисное железо – смесь 1 г красной кровяной соли  $K_3Fe(CN)_6$  и 9 г сахарной пудры, растертая в яшмовой ступке;  $KHSO_4$  – кислый серноокислый кални, химически чистый.

Профилактические мероприятия по борьбе с закупоркой гончарного дренажа гидроокисью железа при разной концентрации  $Fe^{2+}$  в грунтовых водах.

Содержание $Fe^{2+}$ в грунтовых водах	Угроза закупорки дрен гидроокисью железа	Профилактические мероприятия по борьбе с закупоркой дрен гидроокисью железа
<3	Отсутствует	1) не требуется
3-6	Возможна закупорка перфорации дренажных пластмассовых труб	2) применение дренажных труб из иных материалов (гончарные, деревянные и другие)
6-12	Возможно образование железистых пробок в дренажных не пластмассовых трубах	3) увеличение уклона дрен до 0,005-0,007 и более
12-25	Возможно интенсивное образование железистых пробок в дренажных трубах	4) увеличение уклона дрен до 0,005-0,007 и более; интенсивное известкование и аэрация почв (кротование, рыление)
25-50	Интенсивное охрообразование в дренажных трубах	5) те же мероприятия, что и для группы 4; кроме того, целесообразно применение более крупного диаметра дрен (7,5-10 см). Использование ионов $Cu^{2+}$ для подавления жизнедеятельности железобактерий
>50	Интенсивное охрообразование в дренажных трубах; интенсивное ожелезнение почвы	6) те же мероприятия, что и для группы 5; кроме того, перехват потока ожелезненных вод системой открытых ловчих каналов.

Исследуемую воду наливают в пробирку, добавляют 0,2 г  $KHSO_4$  и 0,1 г реактива на закисное железо. Аналогично готовят шкалу из стандартных растворов. После добавления реактивов раствор взбалтывают и сравнивают с окраской шкалы.

По таблице 22 определяют возможность закупорки дрен гидроокисью железа при полученном содержании  $Fe^{2+}$  в образце и необходимые профилактические мероприятия по борьбе с закупоркой гончарного дренажа гидроокисью железа.

## ЗАНЯТИЕ 7

### ВИЗУАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ТОРФА И СТЕПЕНИ ЕГО РАЗЛОЖЕНИЯ

**Цель занятия** - ознакомить студента с особенностями болотных торфяных почв трех типов – верховых, низинных и переходных болот; с вопросами осушения и охраны торфяных почв.

**Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к занятию:**

1. Полевые определения типа и степени разложения торфа.
2. Устойчивость кротовых дрен в органогенных почвах в зависимости от степени разложения торфа

**Литература:** Ф.Р. Зайдельман. Мелиорация почв. С. 255-260, 332-341.

Ф.Р. Зайдельман. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР. - М., 1981. С. 36-44

#### **Задача 1. Определить тип торфа и степень его разложения**

Для определения типа торфа и степени его разложения образец обводненного торфа сжимают в руке. При этом выдавливается то или иное количество воды и торфа. В отжатом торфе определяют состояние остатков растительности и по таблице 23 определяют степень его разложения и тип торфа.

Таблица 23

**Степень разложения торфа по Посту (цит. по Эггельсману) методом отжима образца.**

Отжатая субстанция	Остаток после отжатия	Структура растительности в торфе	Степень разложения	Символ
Чистая вода	не кашеобразный	Отчетливая	Едва заметная	H1
Чистая желто-бурая вода			Очень слабая	H2
Мутная вода			Слабая	H3
Очень мутная вода с 1/3 торфяной субстанции	кашеобразный	Слабоотчетливая	Средняя	H4
			Среднесильная	H5
			Довольно сильная	H6
Очень сильно мутная вода с 2/3 торфяной субстанции	только волокна, древесина	Неотчетливая	Сильная	H7
			Очень сильная	H8
Водянистая каша из обшей торфяной субстанции	почти нет остатка	Почти неузнаваемая	Почти полная	H9
			Полная	H10

Низинные торфа характеризует серый до землисто-черного цвет, наличие остатков нитевидных светлых корешков осок, блестящих черных пленок хвоща, бронзово-коричневых стеблей и листочков гипновых мхов, оливковых остатков корневищ тростника, чечевицеобразных семян вахты, белых остатков коры березы.

Верховой торф имеет цвет от желтого до темно-коричневого, в нем различимы стебли и листочки сфагновых мхов, волокна и корешки пушицы, блестящие пленки шейхцерии, корешки кустарников, остатки коры сосны.

В образце нарушенной структуры определяют пластичность торфа, его цвет, количество и окраску отжимаемой воды, структуру растительных остатков и их примерный объем.

## Список литературы

1. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режима орошаемых земель., М.1986.
2. Айдаров И.П., Корольков А.Н. Использование вод повышенной минерализации для орошения земель. Сб.науч.тр. Всесоюзного объединения Союзводпроект. М.,1980, №53.
3. Антипов-Каратаев И.Н., Кадер К.М. К мелиоративной оценке поливной воды, имеющей щелочную реакцию. Почвоведение, 1961, №3.
4. Безднина С.Я. Рекомендации по оценке качества воды для орошения сельскохозяйственных культур. М.,1984, с.40
5. Владыченский С.А. Практические занятия по мелиорации почв М., МГУ, 1960.
6. Волобуев В.Р. Расчет промывки засоленных земель, Баку, Изд.АН Аз.ССР, 1975.
7. Воробьева Л.А. Система показателей химического состояния засоленных почв. Вестн.Моск. ун-та., Сер. Почвоведение. 1984, №2.
8. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР, М.: Колос, 1981.
9. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв М., изд-во МГУ. 2-е издание, 1996 .
10. Минашина Н.Г. Расчет допустимой минерализации вод для орошения почв. Почвоведение, 1970, №2.
11. Панкова Е.И., Мазиков В.М. Методические рекомендации по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющих зон. М.: Почвенный ин-т им.В.В.Докучаева, 1985.
12. Сабольч И., Дараб К. Прогноз и предотвращение процессов вторичного засоления при орошении Венгерской низменности. Почвоведение, 1972, №1.
13. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу. М.: Колос, 1984
14. Эркин Г.Д. Водопроницаемость болот в связи с их осушением. Труды НИИ болотного хозяйства ВАСХНИЛ. Минск, 1940.
15. Hanus H., Knoch H. Beitrag zur Metodik der Wasserpermeabilitätsmessung an ungestörten Bodenproben. Z. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., 1965, Bd.111.
16. Richards L.A. Diagnosis and Improvement of sal and alkoly soil. Agric. handbook, 1954, vol.60.

**Учебное издание**

**Зайдельман Феликс Рувимович, Смирнова Лилия Федоровна,  
Шваров Александр Петрович, Никифорова Алла Сергеевна**

**ПРАКТИКУМ  
ПО КУРСУ «МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ»**

**Компьютерный набор: Шваров А.П., Банников М.В.**

Подписано в печать 26.12.2002. Формат 60×88/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.

Печ. л. 3,25. Тираж 500 экз. Заказ № 4632.

119899, Москва, Воробьевы горы

МГУ им. М. В. Ломоносова

Отпечатано в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»,

140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.

Тел. 554-21-86