

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**Л.А. Маслова, Н.Ю. Улицкая**

## **МЕЛИОРАЦИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ**

Учебно-методическое пособие  
для практических занятий  
по направлению подготовки 21.03.02  
«Землеустройство и кадастры»

Пенза 2016

УДК 631.6(075.8)  
ББК 40.6я73  
М31

Рекомендовано Редсоветом университета  
Рецензент – кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент кафедры «Природообустройство и  
водопользование» ФГБОУ ВО «Саратов-  
ский ГАУ им. Н.И. Вавилова» А.Н. Ни-  
кишанов

**Маслова Л.А.**

М31 Мелиорация и рекультивация земель: учеб-метод. пособие для  
практических занятий по направлению подготовки 21.03.02. «Земле-  
устройство и кадастры» / Л.А. Маслова, Н.Ю. Улицкая. – Пенза:  
ПГУАС, 2016. – 84 с.

Приведены вопросы для устного обсуждения, темы докладов, практические упражнения с примерами их решения по курсу «Мелиорация и рекультивация земель».

Пособие подготовлено на кафедре «Кадастр недвижимости и право» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», при изучении дисциплины «Мелиорация и рекультивация земель».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Маслова Л.А., Улицкая Н.Ю., 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

**Целью дисциплины** «Мелиорация и рекультивация земель» является изучение основных понятий и приемов мелиорации и рекультивации земель и использования их в профессиональной деятельности.

**Задачи освоения дисциплины:**

– ознакомить студентов с основами мелиорации и рекультивации земель;

– показать студентам место и значение мелиорации и рекультивации земель в системе управления земельными ресурсами;

– развить способность студентов к выбору видов мелиораций, правильных приемов рекультивации и необходимых технологических операций по улучшению почвенного состояния.

**Изучение дисциплины способствует овладению компетенциями:**

– способность использовать основы знаний по мелиорации и рекультивации земель;

– способность применять знание технологических процессов мелиорации и рекультивации, проводить все необходимые расчеты, определять вид используемой мелиорации и направления использования рекультивируемой территории.

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

– *знать*: понятие и содержание различных видов мелиорации и рекультивации земель; виды мелиорации и рекультивации, особенности проведения мелиоративных процессов и рекультивации, направления использования рекультивируемой территории, последовательность технологических операций по мелиоративному обустройству территории, способы восстановления и воспроизводства плодородия земли, процесс проведения всех этапов рекультивации;

– *уметь*: оперировать специальными понятиями, ориентироваться в специальной литературе; правильно толковать и применять искомые данные, проводить расчеты и выбирать различные виды мелиорации рекультивации, определять последовательность технологических процессов; собирать и анализировать экспериментальные данные, использовать средне-многолетние почвенно-климатические данные; рассчитать основные показатели режима орошения или осушения, обосновать и выбрать дренажную систему при осушении территории, определить вид оросительно-осушительной системы, выбрать поливную технику, составить графики полива сельскохозяйственных культур; выбрать источник орошения и охарактеризовать его, определить запасы воды в водоисточнике, потребности в воде орошаемой территории; провести расчет экономической эффективности проводимых процессов;

– *владеть*: техническими терминами; навыками работы со специальной литературой, навыками расчета специальных показателей и их систематизации.

В соответствии со структурой дисциплины «Мелиорация и рекультивация земель» построено учебно-методическое пособие, состоящее из девяти разделов, освещающих следующие темы практических занятий:

1. Введение в мелиорацию. Общие сведения об орошении.
2. Водный режим почвы. Определение поливных и оросительной норм. Определение качества поливной воды.
3. Лиманное орошение. Предупреждение вторичного засоления и промывка засоленных земель. Удобрительное орошение сточными водами.
4. Проектирование осушительно-оросительной системы. Проектирование водосборных канав-валов.
5. Осушение земель.
6. Агролесомелиорация земель. Борьба с эрозией почвы.
7. Культуртехническая мелиорация.
8. Химическая мелиорация.
9. Рекультивация земель.

После каждой темы приведены рекомендуемые источники информации.

На освоение студентами каждой темы предусмотрено по 2 часа лекций, по 4 часа практических занятий и по 2 часа самостоятельной работы.

Заканчивается дисциплина защитой курсового проекта и сдачей экзамена.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Основной целью организации подготовки к практическим занятиям является развитие практических навыков у студентов. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к курсу лекций по данному вопросу и учебным пособиям, чтобы уточнить терминологию.

Подготовка к практическому занятию включает 2 этапа:

- 1-й – организационный;
- 2-й – закрепление и углубление теоретических знаний.

На первом этапе студент планирует свою самостоятельную работу, которая включает:

- уяснение задания на самостоятельную работу;
- подбор рекомендованной литературы;
- составление плана работы, в котором определяются основные пункты предстоящей подготовки.

Второй этап включает непосредственную подготовку студента к занятию. Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь.

При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале занятия студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности в области землеустройства и кадастров.

На практическом занятии каждый его участник должен быть готовым к выступлению по всем поставленным в плане вопросам, проявлять максимальную активность при их рассмотрении. Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к репродуктивному уровню (простому воспроизведению текста), не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать знание дополнительной литературы, факты и наблюдения современной жизни и т.д.

Вокруг такого выступления могут разгореться споры, дискуссии, к участию в которых должен стремиться каждый.

В заключение преподаватель подводит итоги. Он может выборочно проверить конспекты студентов и, если потребуется, внести в них исправления и дополнения.

Результаты устного опроса оцениваются по двухбалльной шкале с оценками:

- «аттестован» – если студент дает правильный ответ на вопрос, приводит примеры из практики;
- «не аттестован» – студент отвечает неправильно или не дает ответ на вопрос.

Результаты деятельности на практическом занятии (выполнение упражнений и заданий) оцениваются по двухбалльной шкале:

- «аттестован» – студент участвует в дискуссиях, правильно выполняет упражнения, вовремя сдает домашние задания;
- «не аттестован» – студент не принимает участия в практических занятиях, не выполняет самостоятельную работу.

Доклады оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

На «отлично» могут быть оценены работы при: соответствии содержания заявленной теме; глубоком и полном раскрытии вопросов теоретической и практической части работы; отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов; глубоком и полном анализе результатов самостоятельной работы, постановке верных выводов, указании их практического применения; высоком качестве оформления; представлении доклада в установленные сроки.

На «хорошо» могут быть оценены доклады при: соответствии содержания заявленной теме; наличии небольших неточностей в изложении теоретического или практического разделов, исправленных самим обучающимся в ходе защиты; глубоком и полном анализе результатов, постановке верных выводов, указании их практического применения; хорошем качест-

ве оформления работы; представлении работы в указанные руководителями сроки.

На «удовлетворительно» может быть оценена работа: при соответствии содержания заявленной теме; при недостаточно полном раскрытии вопросов теоретической или практической части; при наличии ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов работы, исправленных самим обучающимся в ходе защиты; при недостаточно глубоко и полном анализе результатов; при небрежном оформлении работы; при представлении работы в поздние сроки; при обнаружении ошибок и неточностей в ходе презентации.

На «неудовлетворительно» может быть оценена работа: при несоответствии содержания заявленной теме; при нераскрытии вопросов теоретической или практической части; при наличии грубых ошибок в изложении теоретического или практического разделов; при низком качестве оформления работы; при представлении работы в поздние сроки; при обнаружении грубых ошибок в ходе презентации.

В начале занятия студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия, раскрывают и объясняют основные положения публичного выступления. В процессе творческого обсуждения и дискуссии вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности в области землеустройства и кадастров.

В учебном процессе при реализации компетентного подхода используются не только традиционные, но и активные и интерактивные формы проведения практических занятий: семинар-беседа, презентация-визуализация. Удельный вес занятий, проводимых с использованием активных и интерактивных методов обучения, в целом по дисциплине составляет 20 % аудиторных занятий.

## Тема 1. ВВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИЮ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРОШЕНИИ

### **Входной контроль знаний:**

- мелиорация это – ....
- типы и виды мелиорации...
- какое значение имеет мелиорация для отраслей народного хозяйства...

### **Просмотр учебного видеофильма.**

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Что такое мелиорация земель?
2. Какие выделяют типы мелиорации земель?
3. Что собой представляет гидромелиорация земель?
4. Какие выделяют виды гидромелиорации земель?
5. Что такое орошение?
6. Что собой представляет поверхностное орошение?
7. На какие виды делится поверхностное орошение?
8. Какие выделяют преимущества и недостатки поверхностного орошения?
9. Что собой представляет дождевание?
10. Какие выделяют преимущества и недостатки дождевания?
11. Что собой представляет капельное орошение?
12. Какие выделяют преимущества и недостатки капельного орошения?

### **Доклады по темам:**

1. Мелиорация земель как важный фактор интенсификации сельскохозяйственного производства.
2. Оросительные мелиорации. Ее задачи и регионы применения.
3. Водосберегающая технология орошения.
4. Управление гидротехническими сооружениями.
5. Опыт мелиоративного обустройства не сельскохозяйственной территории.

### **Рекомендуемые источники информации:**

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник. – М.: Колос, 2000. – 96 с.
3. Тараканов О.В., Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».



## Тема 2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИВНЫХ И ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ

### *Определение запасов почвенной влаги*

В верхнем слое почвы находится корневая система растений, и регулирование содержания влаги в этом слое представляет главную задачу мелиорации.

Общее содержание воды в почве называют *полевой влажностью*, состоящей из доступной (продуктивной) и недоступной (непродуктивной) влаги.

Влажность почвы, при которой недостаток влаги в тканях растений не восстанавливается даже в условиях минимальной транспирации называется *влажностью завядания*. При влажности почвы, равной влажности завядания, растения не в состоянии нормально расти и развиваться и процесс фотосинтеза при этом прекращается.

Для различных почв значения влажности завядания различны (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Водно-физические свойства почв лесостепи Среднего Поволжья

Тип почвы	Глубина слоя, см	Объемная масса, (плотность сложения), г/см <sup>3</sup>	Влажность почвы, в % к массе сухой почвы	Влажность устойчивого завядания растений, в долях НВ	Водопроницаемость, мм/мин
1	2	3	4	5	6
Светло-серая супесчаная	0-30	1,18	19,3	0,54	1,8-3,0
	0-50	1,38	18,8		
	0-80	1,60	14,4		
Светло-серая суглинистая	0-30	1,24	20,5	0,51	0,9-1,5
	0-50	1,42	18,8		
	0-80	1,60	16,4		
Серая лесная супесчаная	0-30	1,22	21,2	0,53	1,4-2,2
	0-50	1,29	19,4		
	0-80	1,56	18,3		
Серая лесная суглинистая	0-30	1,28	18,1	0,51	0,7-0,1
	0-50	1,38	18,9		
	0-80	1,39	19,4		
Темно-серая лесная супесчаная	0-30	1,32	19,6	0,52	1,3-2,3
	0-50	1,36	20,1		
	0-80	1,43	20,8		
Темно-серая лесная средне-суглинистая	0-30	1,28	21,1	0,50	0,9-1,6
	0-50	1,34	21,7		
	0-80	1,41	22,3		
Темно-серая лесная тяжелосуглинистая	0-30	1,22	21,6	0,49	0,6-0,9
	0-50	1,29	22,1		
	0-80	1,33	22,8		

## Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Чернозем оподзоленный среднесуглинистый	0-30	1,18	23,2	0,49	0,4-0,7
	0-50	1,24	24,8		
	0-80	1,28	24,9		
Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый	0-30	1,24	26,3	0,47	0,2-0,6
	0-50	1,32	27,4		
	0-80	1,39	27,7		
Лугово-черноземная суглинистая	0-30	1,08	23,1	0,51	0,2-0,6
	0-50	1,30	23,9		
	0-80	1,40	24,4		
Чернозем выщелоченный среднесуглинистый	0-30	1,06	26,2	0,48	0,2-0,6
	0-50	1,27	27,0		
	0-80	1,33	27,5		
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	0-30	1,12	27,5	0,44	0,2-0,5
	0-50	1,25	28,5		
	0-80	1,30	28,8		
Чернозем типичный среднесуглинистый	0-30	1,02	29,7	0,51	0,3-0,6
	0-50	1,15	30,0		
	0-80	1,26	30,9		
Чернозем типичный тяжело-суглинистый	0-30	1,07	31,2	0,49	0,3-0,5
	0-50	1,19	31,6		
	0-80	1,32	32,2		
Чернозем обыкновенный суглинистый	0-30	1,17	30,3	0,52	0,2-0,5
	0-50	1,23	30,9		
	0-80	1,34	31,9		

*Подсчет запасов влаги в активном слое почвы*

Запас влаги в активном слое выражают в кубических метрах на гектар, зная влажность, скважность и толщину этого слоя.

Влажность почвы выражается либо в процентах от веса сухой, почвы, либо от скважности почвы. Поэтому определение запаса влаги в почве может быть сделано двумя путями, в зависимости от того, как выражена влажность почвы.

**а)** Зная величину активного слоя ( $H_m$ ) для данной культуры, величину объемной массы ( $\alpha$ ) и влажность ( $W$ ) в процентах от массы сухой почвы, запас влаги в почве ( $W_0$ ) в слое почвы площадью 1 га и высотой  $H_m$  можно определить: площадь 1 га равна  $10000 \text{ м}^2$ , объем  $10000 \text{ м}^3$ , масса этого слоя при сухом состоянии будет равна  $10000 H \cdot \alpha$  тонн, отсюда запас влаги в данном слое будет равен:

$$W_0 = 10000 \cdot H_m \cdot \alpha \cdot \frac{W}{100} = 100 \cdot H_m \cdot \alpha \cdot W, \quad (1)$$

$$W_0 = 100 \cdot H_m \cdot \alpha \cdot W, \text{ м}^3/\text{га}. \quad (2)$$

Величина активного слоя для различных культур будет различной. В активном слое распространяется основная масса корневой системы растений и из него растение «черпает» запасы воды и пищи для своего развития.

В практике величину активного слоя принимают в пределах указанных в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Глубина увлажняемого слоя почвы при вегетационных поливах сельскохозяйственных культур

Культуры	Фазы развития	Глубина расчетного слоя, м
Зерновые	Кущение	0,4 – 0,5
	Выход в трубку	0,6 – 0,7
	Налив зерна	0,7 – 0,8
Кукуруза	5-6 листьев	0,3 – 0,4
	Выбрасывание метелки	0,5 – 0,6
	Восковая спелость	0,8 – 1,0
Многолетние травы	Кущение	0,4 – 0,5
	Бутонизация (выход в трубку)	0,5 – 0,6
	До цветения и после укоса	0,8 – 1,0
Сахарная свекла	Укоренение	0,4 – 0,5
	Развитие листьев	0,5 – 0,6
	Образование корнеплода	0,6 – 0,7
Картофель	Рост листовой поверхности	0,4 – 0,5
	Бутонизация	0,5 – 0,6
	Образование клубней	0,6 – 0,7
Капуста, огурцы, лук	Укоренение	0,2 – 0,3
	Максимальное развитие	0,4 – 0,5
Томаты	Укоренение	0,3 – 0,4
	Усиленный рост листовой поверхности	0,4 – 0,5
	Плодообразование	0,5 – 0,6
Бобовые	До цветения	0,3 – 0,4
	Созревание	0,5 – 0,7
Сады	В период вегетации	0,8 – 1,5

**б) определение максимального и минимального запаса влаги в почве.**

Максимальный запас влаги в почве  $W_{\max}$  и минимальный  $W_{\min}$  определяются по формулам:

$$W_{\max} = W_{\text{opt}} \left(1 + \frac{\delta}{100}\right), \text{ м}^3/\text{га}; \quad (3)$$

$$W_{\min} = W_{\text{opt}} \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (4)$$

где  $W_{\text{opt}}$  – оптимальный запас влаги в почве – запас влаги, соответствующий наиболее благоприятным условиям для развития растений,

$$W_{\text{opt}} = H_{\text{M}} \cdot A \cdot \beta_{\text{opt}}, \text{ м}^3/\text{Га}; \quad (5)$$

$$A = 100\left(1 - \frac{d_v}{d}\right), \text{ \%}; \quad (6)$$

здесь  $H_{\text{M}}$  – активный слой в метрах,

$A$  – скважность почвы в процентах,

$d$  – плотность твердой фазы почвы  $\text{г}/\text{см}^3$ , (для минеральных горизонтов  $d = 2,60 - 2,75 \text{ г}/\text{см}^3$ , гумусовых горизонтов  $2,4-2,6 \text{ г}/\text{см}^3$ , торфа и горизонтов лесных подстилок –  $1,4-1,8 \text{ г}/\text{см}^3$ ;

$d_v$  – плотность сложения почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$

$\beta_{\text{opt}}$  – процент заполнения пор почвы водой при оптимальном увлажнении для зерновых  $\beta = 55 - 65 \text{ \%}$ , для трав  $\beta = 65 - 70 \text{ \%}$ , для овощных  $\beta = 70 - 75 \text{ \%}$ ;

$\delta$  – допустимый процент отклонения запаса влаги в почве от оптимального значения в сторону максимума и минимума.

При поверхностном способе полива  $\delta$  принимается от 10 до 15 %, при поливе дождеванием – от 8 до 10 %.

**Пример.** Рассчитать запасы влаги в активном слое (0-50) почвы для зерновых культур в фазу кущения. Тип почвы: чернозем типичный средне-суглинистый.

а) рассчитать запас влаги ( $\text{м}^3/\text{Га}$ ) в слое 0-50 см по формуле

$$W_o = 100 \cdot 0,5 \cdot 1,15 \cdot 30 = 1725 \text{ м}^3/\text{Га}.$$

б) определить максимального и минимального запаса влаги в почве.

Для их определения необходимо рассчитать скважность почвы, %:

$$A = 100 \cdot (1 - 1,15:2,5) = 54.$$

Затем проводятся вычисления с использованием табличных данных.

$$\begin{aligned} W_{\text{opt}} &= 0,5 \cdot 54 \cdot 70 = 1890 \text{ м}^3/\text{Га}, \\ W_{\text{min}} &= 1890 \cdot (1 - 0,1) = 1701 \text{ м}^3/\text{Га}, \\ W_{\text{max}} &= 1890 \cdot (1 + 0,1) = 2079 \text{ м}^3/\text{Га}. \end{aligned}$$

### *Определение поливных норм*

Поливной или вегетативной нормой называют количество воды, даваемое дайной культуре за один полив на 1 гектар. Поливная норма выражается в  $\text{м}^3/\text{Га}$ .

Для определения поливных норм необходимо знать основные водно-физические свойства почвы, величину активного слоя и запасы влаги в почве.

Когда запас влаги в активном слое почвы к началу посева недостаточен, проводят предпосевной полив, и предпосевная поливная норма определяется по формуле

$$M_{\text{предп.}} = W_{\text{max}} - W_0, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (7)$$

где  $M_{\text{предп.}}$  – предпосевная поливная норма  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  
 $W_{\text{max}}$  – максимальный запас влаги в почве в  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  
 $W_0$  – начальный запас влаги в почве перед посевом в  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Вегетационная поливная норма определяется по формуле

$$M_{\text{вег.}} = W_{\text{max}} - W_{\text{min}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (8)$$

где  $M_{\text{вег.}}$  – вегетационная поливная норма в  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  
 $W_{\text{max}}$  – максимальный запас влаги в почве в  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  
 $W_{\text{min}}$  – минимальный запас влаги в почве в  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Запасы влаги в активном слое почвы перед поливом не должны быть меньше запасов влаги в почве, при которых наступает завядание растений, то есть минимальный запас влаги должен быть больше влажности завядания ( $W_{\text{зав.}}$ ).

$W_{\text{зав.}}$  можно определить по сведущей формуле

$$W_{\text{зав.}} = 100 \cdot H_{\text{м}} \cdot d \cdot 2 W_{\text{гигр.}}^{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (9)$$

где  $W_{\text{гигр.}}^{\text{max}}$  – максимальная гигроскопическая влажность в процентах от массы сухой почвы: для легких почв 5–6 %; для средних почв – 7 – 8 %; для тяжелых – до 12 %.

Полученные расчетные данные вносятся в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Расчёт поливных норм

№ п/п	Культура	$H_{\text{м}}$	$W_0$ , $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{opt}}$ , $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{max}}$ , $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{min}}$ , $\text{м}^3/\text{га}$	$M_{\text{пр.}}$ , $\text{м}^3/\text{га}$	$M_{\text{вег.}}$ , $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{зав.}}$ , $\text{м}^3/\text{га}$

**Пример.** Рассчитать поливные нормы для сахарной свеклы в фаза развития листьев. Тип почвы: чернозем типичный среднесуглинистый.

$$M_{\text{предп.}} = 2079 - 1725 = 354 \text{ м}^3/\text{га},$$

$$M_{\text{вег.}} = 2079 - 1701 = 378 \text{ м}^3/\text{га},$$

$$M_{\text{зав.}} = 100 \cdot 0,5 \cdot 2,5 \cdot 2 \cdot 8 = 2000 \text{ м}^3/\text{га}.$$

*Определение оросительной нормы*

Оросительная норма – это количество воды, подаваемой на все поливы на 1 га в течение вегетации (или оросительного периода) для получения запланированной урожайности.

Наиболее распространенным методом определения оросительной нормы является метод расчета по уравнению водного баланса орошаемого участка:

$$M_{op} = E - 10 P \mu - (W_r - (W_n - W_k)), \quad (10)$$

где  $E$  – суммарное водопотребление культуры, м<sup>3</sup>/га;

$P$  – количество осадков за период вегетации, мм;

$\mu$  – коэффициент использования осадков, для зоны неустойчивого увлажнения он меняется от 0,5 до 0,7;

$W_r$  – количество влаги, поступающей капиллярным путем из грунтовых вод при близком их залегании, м<sup>3</sup>/га;

$W_n$  – запасы влаги в активном слое почвы в начале вегетационного периода, м<sup>3</sup>/га;

$W_k$  – запасы влаги в активном слое почвы в конце вегетационного периода.

Суммарное водопотребление  $E$  определяется по формуле

$$E = Y \cdot K_v, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (11)$$

где  $Y$  – планируемый урожай, ц/га;

$K_v$  – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/ц (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Коэффициент водопотребления и продолжительность вегетационного периода сельскохозяйственных культур

Культура	Урожайность, ц/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /ц	Продолжительность вегетации	
			начало	окончание
Пшеница озимая	50	80	17.04	25.07
Пшеница яровая	40	90	1.05	1.08
Кукуруза на силос	600	7	12.05	31.08
Кукуруза на зерно	60	65	14.05	15.09
Горох	40	90	28.04	20.07
Соя	20	220	10.05	20.09
Подсолнечник	25	100	5.05	10.09
Картофель	300	15	10.05	20.09
Многолетние травы на сено	100	50	17.04	10.09
Сахарная свекла	500	12	1.05	20.09
Капуста ранняя	350	13	15.05	1.08
Капуста поздняя	500	10	23.05	1.10
Томаты	350	13	28.05	5.09
Лук	300	15	1.05	10.07
Огурцы	350	15	25.05	30.08
Однолетние травы	60	55	30.04	20.06
Морковь, столовая свекла	400	15	30.04	20.09
Озимые на зеленый корм	50	15	17.04	10.06

Количество влаги, потребляемой из грунтовых вод, определяется по формуле

$$W_{\Gamma} = E \cdot K_{\Gamma}, \quad (12)$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент использования грунтовых вод (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Коэффициент использования грунтовых вод

Глубина залегания грунтовых вод, м	легкие почвы				тяжелые почвы			
	Корнеобитаемый слой, м							
	до 0,4	до 0,6	до 1,0	свыше 1,0	до 0,4	до 0,6	до 1,0	свыше 1,0
1,0	0,25	0,40	0,55	0,90	0,30	0,45	0,50	0,90
1,5	--	0,10	0,25	0,80	0,10	0,25	0,25	0,10
2,0	--	0,05	0,15	0,50	--	0,10	0,25	0,40
3,0	---	--	--	0,05	--	--	0,05	0,15

Поправка на использование грунтовых вод делается только при глубине их залегания выше 3,0 метров. Количество выпавших осадков за вегетационный период культуры берется по ближайшей метеостанции (прил. 1).

**Пример.** Рассчитать оросительную норму для сахарной свеклы в фазе развития листьев. Тип почвы: чернозем типичный среднесуглинистый. Район возделывания – Пензенский. Глубина залегания грунтовых вод 2,0 м.

Суммарное водопотребление:

$$E = 500 \cdot 12 = 6000 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Количество потребляемой влаги из грунтовых вод:

$$W_{\Gamma} = 6000 \cdot 0,1 = 600 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Оросительная норма:

$$M_{\text{ор}} = 6000 - 10 \cdot 432 \cdot 0,6 - (600 - (1725 - 740)) = 3793 \text{ м}^3/\text{га}.$$

#### *Определение качества поливной воды*

Источниками оросительных систем могут служить как подземные, так и поверхностные воды (пруды, реки, озера и т.д.). Качество оросительной воды определяется следующими основными показателями: температурой, наличием взвешенных частиц и минерализацией.

При оценке качества поливной воды необходимо учитывать состав и количество содержащихся в ней растворенных химических веществ и взвешенных наносов.

Качество поливной воды в значительной степени зависит от содержания в ней взвешенных наносов. Крупные наносы с диаметром фракций больше 0,10 мм легко оседают в каналах оросительных систем, заиливают их и приводят к большим эксплуатационным затратам на очистку каналов.

Наносы с диаметром частиц от 0,10 до 0,005 мм выносятся поливной водой на поля, и, хотя удобрительное значение их невелико, они могут оказать положительное влияние на физические свойства почвы, уменьшая

ее связность. Мелкие фракции наносов с диаметром частиц меньше 0,005 мм чаще всего бывают органического происхождения и обладают большой питательной ценностью. Однако если они поступают в большом количестве, то ухудшают физические свойства почвы, уменьшая водопроницаемость и аэрацию их.

Оценка качества воды с точки зрения допустимого количества содержания в ней растворенных солей имеет большое практическое значение, так как вместе с поливной водой в почву вносятся и вредные соли, что приводит к засолению почв.

С целью определения пригодности воды для орошения на основании химического состава проводят ее оценку на возможность осолонцевания почвы. Для этого используют щелочную характеристику, т.е. рассчитывают *ирригационный коэффициент* ( $K_a$ ), называемый коэффициентом Стеблера. Он представляет собой столб воды, выраженный в дюймах, при испарении которого остается количество солей, делающее непригодным для большинства растений слой почвы мощностью 1,2 м.

Ирригационный коэффициент для воды с различным типом засоленности определяется следующим образом (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Состав воды и формулы для расчета ирригационного коэффициента

№ п/п	Состав воды	Формула расчета
1	Ионов $\text{Na}^+$ меньше, чем ионов хлора. Присутствует хлорид натрия	$\frac{288}{5\text{ч Cl}^-}$
2	Ионов $\text{Na}^+$ больше, чем иона $\text{Cl}^-$ , но меньше, чем суммарное содержание ионов сильных кислот. В растворе есть хлориды и сульфаты	$\frac{288}{\text{чNa}^+ + 4\text{чCl}^-}$
3	Ионов $\text{Na}^+$ больше суммарного содержания сильных ионов кислот. В растворе есть хлориды, сульфаты и карбонаты	$\frac{288}{10\text{чNa}^+ - 5\text{чCl}^- - 9\text{чSO}_4^{2-}}$

П р и м е ч а н и е : ч – содержание ионов в мг-экв/л воды.

В этих формулах Na, Cl,  $\text{SO}_4$  выражаются в миллиэквивалентах. В зависимости от величины ирригационного коэффициента качество воды для орошения может быть следующее:

1. Если  $K_a > 18$ , вода считается хорошая и успешно применяется для поливов в течение многих лет без специальных мер против накопления в почве вредных щелочей.

2. Если  $K_a$  находится в пределах от 6 до 18, то вода считается удовлетворительной, но необходимо применять специальные меры против накопления в почве вредных щелочей. Эти меры не проводят только на рыхлых почвах со свободным дренажем.

3.  $K_a = 1,2 - 5,9$  – вода неудовлетворительная, искусственный дренаж необходим всегда.

4.  $K_a < 1,2$  – вода плохая, практически не пригодна для орошения.

Соотношение токсичности различных солей натрия, если принять токсичность сульфата за единицу, выглядит следующим образом:

соль	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	NaCl	$\text{Na}_2\text{SO}_4$
степень токсичности	10	3	1



**Пример.** Определить ирригационный коэффициент воды, содержащей в 1 л 0,5 г NaCl, 0,8 г Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и 0,2 г Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и пригодность ее для орошения. Сначала определяем содержание отдельных ионов:

$$\text{В } 0,5 \text{ г NaCl } \frac{0,5 \cdot 23}{23 + 35} = 0,2 \text{ г, Na}^+ \text{ и } 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ г Cl}^-.$$

$$\text{В } 0,8 \text{ г Na}_2\text{CO}_3 \frac{0,8 \cdot 23 \cdot 2}{2 \cdot 23 + (12 + 3 \cdot 16)} = 0,347 \text{ г Na}^+ \text{ и } 0,8 - 0,347 = 0,453 \text{ г CO}_3^{2-}.$$

$$\text{В } 0,2 \text{ г Na}_2\text{SO}_4 \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 23}{2 \cdot 23 + (32 + 4 \cdot 16)} = 0,06 \text{ г Na}^+ \text{ и } 0,2 - 0,06 = 0,14 \text{ г SO}_4^{2-}.$$

Таким образом, в 1 л воды растворено (0,2 + 0,347 + 0,06 = 0,607 г Na, 0,3 г Cl<sup>-</sup>, 0,453 г CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и 0,14 г SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Затем выражают содержание ионов в мг – экв по следующей формуле:

$$r = \frac{a \cdot 1000 \cdot B}{M},$$

где  $r$  – концентрация ионов в мг-экв;

$a$  – содержание ионов в г/л;

$B$  – валентность ионов;

$M$  – молярная масса.

Ионы	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
г/л	0,607	0,3	0,14	0,453
мг/экв	26,39	8,57	2,92	7,55

Из полученных данных видно, что содержание иона Na<sup>+</sup> больше суммарного содержания ионов сильных кислот. Ирригационный коэффициент рассчитывается по формуле

$$K_a = \frac{288}{10 \text{ч Na} - 5 \text{ч Cl} - 9 \text{ч SO}_4} = \frac{288}{10 \cdot 26,39 - 5 \cdot 8,57 - 9 \cdot 2,92} = 1,84.$$

Следовательно, качество воды неудовлетворительное и поливать ею можно только при наличии дренажа.

#### **Рекомендуемые источники информации:**

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник. – М.: Колос, 2000. – 96 с.

3. Тараканов О.В., Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.

4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ «О мелиорации земель».

### Тема 3. ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ И ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. УДОБРИТЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Лиманное орошение – одноразовое глубокое (до 2 м) увлажнение почвы весенними талыми водами (сток склонов, лощин). Такой вид орошения применяют в основном для повышения продуктивности сенокосов, а также для полива сельскохозяйственных культур, имеющих короткий вегетационный период.

Лиман – это участок на пологом склоне, имеющем уклон не более 0,003, ограниченный с трех сторон земляными валами, обеспечивающими аккумуляцию воды с прилегающей водосборной площади.

Лиманное орошение имеет ряд достоинств: простота и дешевизна устройства, возможность опреснения солонцовых и солончаковых почв, борьба с эрозией, автоматизация полива и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Но при этом, не лишено некоторых существенных недостатков: однократность увлажнения почвы весной, неравномерность глубины увлажнения по длине склона, изменения площади орошения по годам в зависимости от величины стока, ограниченность уклона поверхности орошаемого участка не более 0,002–0,003.

#### *Исходные данные для проектирования*

Требуется запроектировать лиманное орошение участка, расположенного на пологом склоне в КХ «Луч» Чапаевского района Самарской области. Источник орошения – весенний сток снеговых талых вод. Почвы участка сероземы, характеризуются следующими показателями:

- объемная масса  $d = 1,4 \text{ г/см}^3$ ,
- наименьшая влагоемкость  $\gamma_{\text{нв}} = 24 \%$ ,
- влажность к началу снеготаяния  $\gamma_{\text{ср}} = 14 \%$  массы сухой почвы,
- $K_{\text{ф}} = 0,036 \text{ м/сут}$ ,
- расчетный слой увлажнения  $h = 1,2 \text{ м}$ .
- площадь водосбора  $\omega_{\text{в}} = 1000 \text{ га}$ .
- сток талых вод в год 80 %-й обеспеченности для Самарской области в районе расположения участка  $h_{\text{ст}} = 40,6 \text{ мм}$ ;
- к.п.д. оросительной системы  $\eta = 0,8$ .

Орошаемую площадь предполагается использовать под сенокос.

#### *Выбор участка*

При выборе участка под лиманное орошение руководствуются следующими соображениями: уклон местности должен быть в пределах 0,001–0,003; площадь водосбора, с которой стекают паводковые снеговые

воды, больше площади орошения в 10–15 раз; почвы влагоемкие и высокоплодородные.

По плану развития КХ «Луч» этим требованиям отвечает участок (рис. 1), расположенный в створе ВС. Уклон местности здесь 0,002, рельеф спокойный, почвы достаточно плодородные.

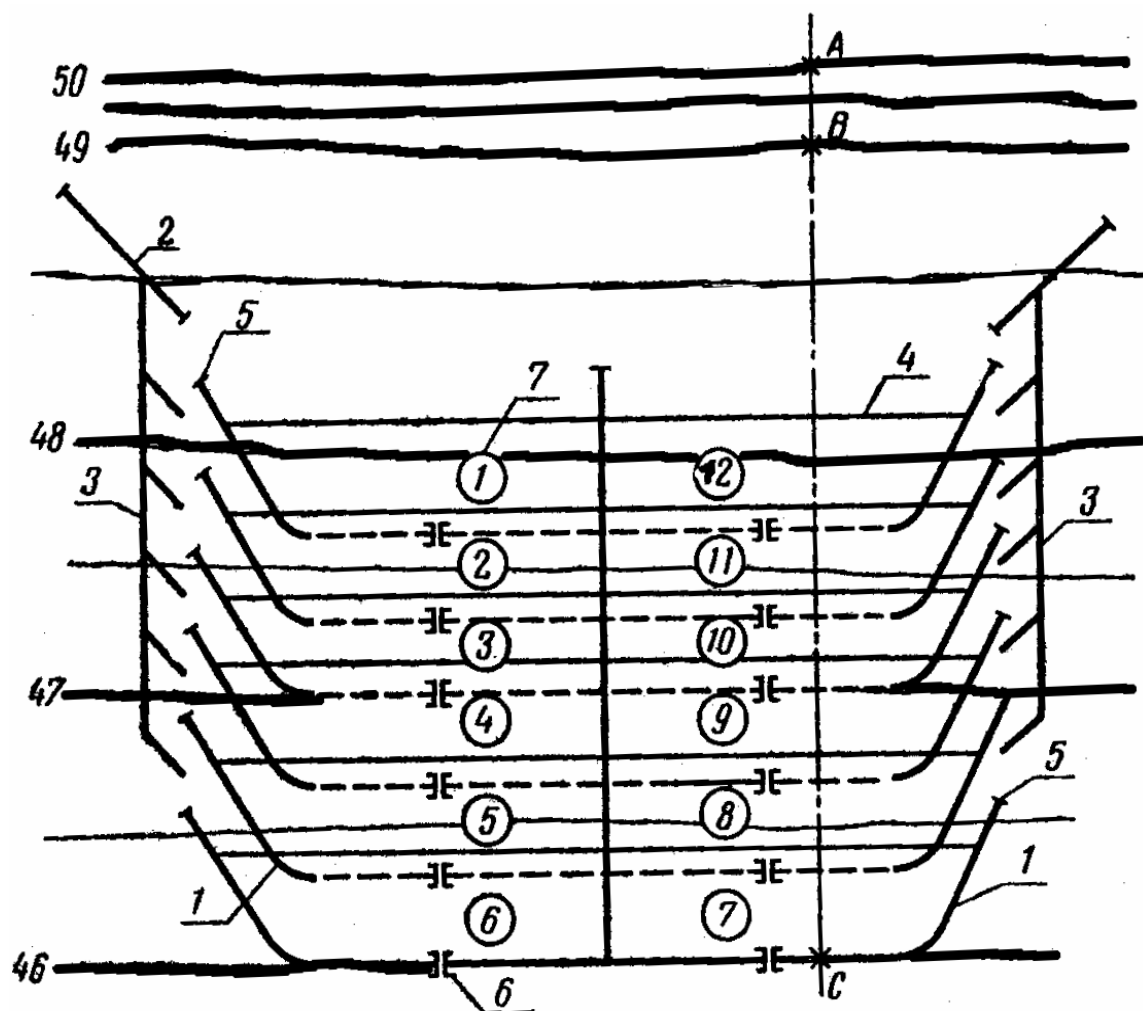


Рис. 1. План участка лиманного орошения:  
1 – ограждающий вал; 2 – направляющий вал; 3 – регулирующий вал;  
4 – уровень воды; 5 – водообход; 6 – водосброс; 7 – номер лимана.

#### *Определение оросительной нормы и площади лиманного орошения*

Оросительную норму при лиманном орошении определяют из условий доведения влажности расчетного слоя почвы до состояния наименьшей влагоемкости.

Для заданных условий оросительную норму рассчитывают по формуле

а) нетто

$$M'_{\text{ср.н}} = 100 \cdot h \cdot d (\gamma_{\text{нв}} - \gamma_{\text{ср}}) = 100 \cdot 1,2 \cdot 1,4 (24 - 14) = 1680 \text{ м}^3/\text{га};$$

б) брутто

$$M'_{\text{ср.б}} = \frac{M'_{\text{ср.н}}}{\eta} = \frac{1680}{0,8} = 2100 \text{ м}^3/\text{га}.$$

В период наполнения лимана часть воды впитывается в почву и только после этого в лимане создается расчетный слой. Объем впитавшейся воды  $\chi$  составляет 20–50 % нормы брутто.

Примем  $\chi=0,2$ , тогда  $M_{\text{ср.б}}=(1-\chi)M'_{\text{ср.б}}=(1-0,2)M'_{\text{ср.б}}=0,8 \cdot 2100=1680 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Отсюда слой воды на середине лимана  $h'_{\text{ср.б}}=16,8 \text{ см}$ , а глубина воды в лимане изменяется от 0 до  $2h'_{\text{ср.б}}$ , то есть от 0 до 33,6 см (рис. 2).

Чтобы обеспечить равномерность увлажнения почвы на лимане, вдоль склона необходимо сблизить валы или дать дополнительную воду, увеличив слой ее у верхнего лимана на 6–10 см. В первом случае уменьшается площадь лимана, что будет ухудшать условия работы сельскохозяйственных машин, а во втором – уменьшится эффективность использования стока снеговых вод. Чаще всего применяют второй вариант.

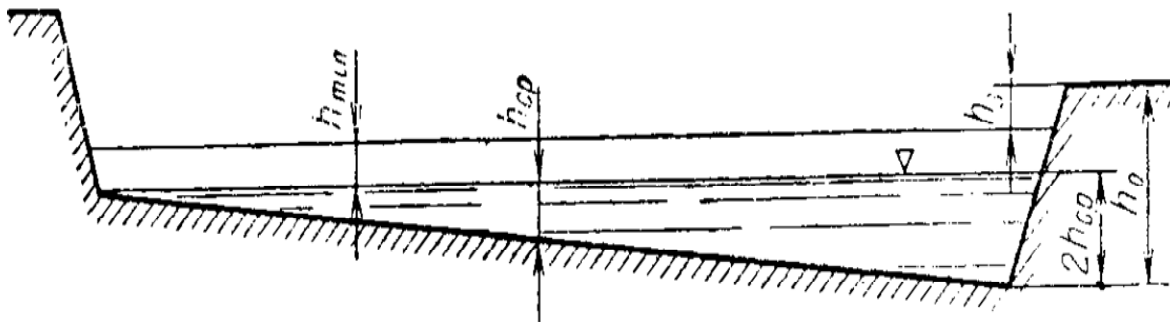


Рис. 2. Сечение лимана вдоль склона

Примем  $h_{\text{min}}=8 \text{ см}$ . Тогда толщина слоя воды у нижнего вала лимана (рис. 2) будет равна  $h_{\text{max}}=2h'_{\text{ср.б}} + h_{\text{min}}= 33,6 + 8 = 41,6 \text{ см}$ , а в средней части лимана  $h_{\text{ср.б.}}=h'_{\text{ср.б}} + h_{\text{min}}= 16,8 + 8 = 24,8 \text{ см}$ .

Средняя оросительная норма брутто для расчета возможной площади орошения принимается с учетом дополнительного минимального слоя воды (8 см = 800 м<sup>3</sup>/га) и ранее впитавшейся воды:

$$M_{\text{ср.б}}=2100 + 800 = 2900 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Возможную площадь лиманного орошения определяют по формуле

$$\omega_{\text{л.о}} = \frac{W}{M_{\text{ср.б}}} = \frac{406000}{2900} = 140 \text{ га}.$$

где  $W$ – объем стока талых вод, м<sup>3</sup>,

$$W = h_{\text{ст}} \cdot 10 \omega_{\text{в}} = 40,6 \cdot 10 \cdot 1000 = 406 000 \text{ м}^3.$$

Ширину лимана вдоль склона определяют по формуле:

$$b = \frac{2h'_{\text{ср.б}}}{100i}.$$

Подставив значения величин в формулу, получим:

$$b = \frac{2 \cdot 16,8}{100 \cdot 0,002} = 168 \text{ м} = 170 \text{ м}.$$

На практике ширину лимана принимают равной 100–700 м, а длину одиночного лимана 400–800 м. Суммарную длину лиманов вдоль горизонталей местности определяют по зависимости:

$$\sum l = \frac{\omega_{\text{л.о}} 10000}{\delta} = \frac{1400000}{170} = 8235 \text{ м.}$$

Принимаем 12 лиманов ( $n=12$ ), тогда длина одиночного лимана:

$$l = \frac{\sum l}{n} = \frac{8235}{12} = 684 \text{ м}$$

Принимаем  $l=700$  м, что лежит в пределах рекомендованного, тогда площадь одного лимана  $\omega_{\text{л}} = \delta l = 170 \cdot 700 = 119000 \text{ м}^2 = 11,9 \text{ га}$

### *Конструкция и параметры лиманных валов*

Лиманный вал в поперечном сечении имеет вид трапеции или треугольника. Высота вала зависит от толщины слоя воды перед ним ( $h_{\text{max}}$ ) и изменяется (для лиманов мелкого затопления) от 0,5 до 0,8 м. Запас высоты вала над уровнем воды принимают  $h_3=15 - 20$  см. Ширину вала по верху берут равной высоте вала, заложение откосов принимают 1:5 – 1:7 из условий проходимости сельскохозяйственных машин. Если примем высоту лиманного вала  $h_{\text{в}}=60$  см, то запас высоты вала над водой  $h_3 = h_{\text{в}} - h_{\text{max}} = 60 - 41,6=18,4$  см.

### *Расположение валов и сооружений на плане*

Размеры орошаемого участка позволяют расположить лиманы в два ряда, в каждом ряду по шесть ярусов. Отметка подошвы самого нижнего лимана  $H_{\text{п}}=46$  м. Отметка уровня воды в нижнем лимане ( $H_{\text{вб}}$ ) выше подошвы вала (рис. 1), а именно  $H_{\text{вб}} = H_{\text{п}} + 2h'_{\text{ср.б}} + h_{\text{min}} = 46 + 2 \cdot 0,168 + 0,08 = 46,416$  м. Отметка гребня вала  $H_{\text{гр}} = H_{\text{вб}} + h_3 = 46,416 + 0,184 = 46,6$  м. Отметка подошвы второго лимана на величину  $h_{\text{min}}$  меньше отметки уровня воды в первом лимане:  $H_{\text{п}} = H_{\text{вб}} - h_{\text{min}} = 46,416 - 0,08 = 46,336$  м. Отметка уровня воды во втором лимане:  $H_{\text{вб}} = H_{\text{п}} + 2h'_{\text{ср.б}} + h_{\text{min}} = 46,336 + 0,416 = 46,752$  м. В такой последовательности ведутся расчеты (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Отметки уровней воды в лимане, подошвы и гребня вала

№ лиманов	Отметка подошвы вала $H_{\text{п}}$ , м	Отметка уровня воды в лимане $H_{\text{вб}}$ , м	Отметка гребня вала $H_{\text{г}}$ , м
6–7	46,000	46,416	46,600
5–8	46,336	46,752	46,936
4–9	46,672	47,088	47,272
3–10	47,008	47,414	47,598
2–11	47,334	47,750	47,934
1–12	47,670	48,086	48,270

Валы наносят на план, начиная с самой низкой горизонтали, то есть с отметки 46,00 м (рис. 1). Далее на плане отмечают ширину лимана – 700 м, находят отметку уровня воды и параллельно горизонталям местности наносят линию уреза воды. После этого находят отметки гребня вала. По концам водоудерживающих валов предусматривают водообходы.

Разделительный вал проходит по средней границе двух лиманов. По обе стороны лиманного участка строят оградительные и струенаправляющие валы. Продолжительность затопления  $T_3$  (сут.) лимана рассчитывают по зависимости:

$$T_3 = \frac{M_{\text{ср.б}}}{K_{\text{ф}}}$$

где  $M_{\text{ср.б}}$  – норма затопления лимана брутто, м,  $M_{\text{ср.б.}}=2900 \text{ м}^3/\text{га} = 0,29 \text{ м}$ ;

$K_{\text{ф}}$  – коэффициент, фильтрации расчетного слоя почвы, м/сут,  $K_{\text{ф}}=0,036 \text{ м/сут}$ .

Зная норму затопления лимана и коэффициент фильтрации расчетного слоя почвы, можно определить продолжительность затопления:

$$T_3 = \frac{0,29}{0,036} = 8 \text{ сут.}$$

#### *Порядок заполнения и опорожнения лиманов*

Талые воды, стекающие с водосбора, поступают вначале на верхние лиманы 1-й и 12-й, заполняют их и по водообходу поступают в следующие – 2-й и 11-й. В такой последовательности доходят до самых нижних – 6-го и 7-го лиманов. Вода в лимане стоит от 4 до 14 суток, в зависимости от водопроницаемости почвы. После этого открывают задвижки на трубопроводных выпусках и сбрасывают избыточную воду. На основе проведенных расчетов устанавливаем, что затопление участка лиманного орошения проводят 8 суток, из которых 5 суток идет затопление, а трое суток длится сброс.

**Задание.** Запроектировать лиманное орошение участка по следующим исходным данным:

$$d = 1,2 \text{ г/см}^3, v_{\text{нв}} = 22 \%, v_{\text{ср}} = 13 \%, K_{\text{ф}} = 0,034 \text{ м/сут.}$$

$$h = 1,1 \text{ м}, \omega = 800 \text{ га}, h_{\text{ст}} = 40,8 \text{ мм}, \eta = 0,8$$

$$i = 0,001, h_{\text{мин}} = 6 \text{ см}, h_{\text{в}} = 70 \text{ см}, H_{\text{п}} = 42,000 \text{ м}$$

#### ***Предупреждение вторичного засоления и промывка засоленных земель***

При неправильной организации и проведении орошения земель, когда полив проводят без учета глубины залегания грунтовых вод и большими нормами, при вырубке лесов, нерациональном выпасе скота и перегрузке пастбищ и даже при осушении избыточно увлажненных почв наблюдаются процессы вторичного засоления.

Для предупреждения вторичного засоления почвы разработан комплекс агротехнических, химических и гидротехнических мероприятий, направленный на уменьшение испарения влаги с поверхности почвы, снижение капиллярной водопроницаемости ее и, в конечном счете, уменьшение запаса воднорастворимых солей в ее активном слое.

К основным гидротехническим мероприятиям относятся: периодическая промывка почвы большими нормами, строительство коллекторно-дренажной сети и организация промывных режимов орошения. Для промывки назначают такие нормы воды, которые позволяют растворить соли и нисходящим током воды вывести их в горизонты ниже активного слоя почвы, откуда они вместе с дренажными водами поступают в коллекторно-сбросную сеть.

Промывки проводят на фоне глубокого дренажа, который отводит промывные воды и снижает уровень минерализованных грунтовых вод.

#### *Расчет промывной нормы*

Общую промывную норму рассчитывают по зависимости:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{н}} + M_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{н}}$  – норма насыщения почвы водой до наименьшей влагоемкости,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$M_{\text{в}}$  – норма, необходимая для вытеснения солей из расчетного слоя почвы,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Норму насыщения определяют по формуле

$$M_{\text{н}} = \frac{100 \cdot h \cdot d \cdot (\gamma_{\text{нв}} - \gamma_{\text{ф}})}{1 - K_3}, \quad (2)$$

где  $K_3$  – количество заземленного воздуха в почве в начальный момент промывки, в долях от скважности.

Норму вытеснения  $M_{\text{в}}$  ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) вычисляют по формуле

$$M_{\text{в}} = K_{\text{пр}} z, \quad (3)$$

где  $K_{\text{пр}}$  – коэффициент промывки, то есть количество воды ( $\text{м}^3$ ), необходимое для вытеснения 1 т солей из расчетного слоя почвы;

$z$  – количество солей, которое должно быть вымыто из расчетного слоя почвы, т/га?

$$z = 100 h d (z_{\text{исх}} - z_{\text{д}}); \quad (4)$$

здесь  $z_{\text{исх}}$ ,  $z_{\text{д}}$  – исходное и допустимое содержание солей, % массы сухой почвы.

Для промывки слоя в 1,5–2 м общая промывная норма в зависимости от степени засоления и типа почвы может изменяться от 2000 до 10000  $\text{м}^3/\text{га}$ .

При проведении промывки общую промывную норму делят на разовые нормы, которые подают на участок через 2–8 дней, в зависимости от механического состава и степени засоления почвы. Разовую промывную норму

( $t_n$ ) устанавливаются из условий равномерного затопления чеков, а также с учетом эффективного вымыва солей из мелких капилляров путем диффузии их в менее насыщенный почвенный раствор. Разовые нормы промывки колеблются от 700 до 1500 м<sup>3</sup>/га. Рекомендуют следующие разовые промывные нормы в зависимости от физических свойств почвы: для легких почв  $t_n=700-900$  м<sup>3</sup>/га; для средних по механическому составу почв  $t_n=900-1100$  м<sup>3</sup>/га; для тяжелых почв  $t_n=1100-1500$  м<sup>3</sup>/га.

Число промывок  $n$  рассчитывают по зависимости:

$$n = \frac{M_{пр}}{m_n}. \quad (5)$$

**Пример.** На участке старого орошения площадью 200 га в почве содержатся соли натрия. В результате длительного орошения произошло вторичное засоление активного слоя. Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо организовать промывку почвы.

*Исходные данные:* на участке зернотравяного севооборота почвы тяжелого механического состава; объемная масса верхнего однометрового слоя  $d=1,4$  г/см<sup>3</sup>; наименьшая влагоемкость почвы при глубине грунтовых вод 3 м от поверхности  $\gamma_{нв}=24$  %; фактическая влажность этого горизонта к моменту промывки  $\gamma_{ф}=16$  % массы сухой почвы. В однометровом слое, подлежащем промывке, содержится  $z_{исх}=0,8$  % водорастворимых солей, допустимое их содержание  $z_{д}=0,3$  % массы сухой почвы. Засоление сульфатное  $K_3 = 0,2$ . Коэффициент промывки  $K_{пр}=100$  м<sup>3</sup>/т. Норма насыщения равна:

$$M_n = \frac{100 \cdot 1 \cdot 1,4(24 - 16)}{1 - 0,2} = 1400 \text{ м}^3/\text{га}. \quad (6)$$

Количество солей, которое должно быть вымыто из расчетного слоя почвы, находим по формуле (4):

$$z = 100 \cdot 1 \cdot 1,4(0,8 - 0,3) = 70 \text{ т/га}.$$

На вытеснение солей потребуется воды (формула (3)):

$$M_b = 100 \cdot 70 = 7000 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Общая промывная норма:

$$M_{об} = M_n + M_b = 1400 + 7000 = 8400 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Средняя разовая промывная норма принята  $t_n = 1400$  м<sup>3</sup>/га, а число промывок составляет  $n = \frac{7000}{1400} = 5$ .

В практике часто вначале принимают меньшие разовые нормы промывки, а последние – больше средней. Норму вытеснения  $M_b=7000$  м<sup>3</sup>/га целесообразно разделить на пять разовых: 1200; 1400; 1400; 1500 и 1500 м<sup>3</sup>/га.



### Чековая и дренажная сеть

Оросительные и дренажные сети запроектированы на рис. 3. Вода для промывки забирается с помощью насосной станции и по трубопроводу, проходящему по верхней границе промываемого участка, транспортируется на поля. На трубопроводе напротив каждого оросителя расположен гидрант. Каждый чек получает воду из оросителя самостоятельно через перекидной сифон.

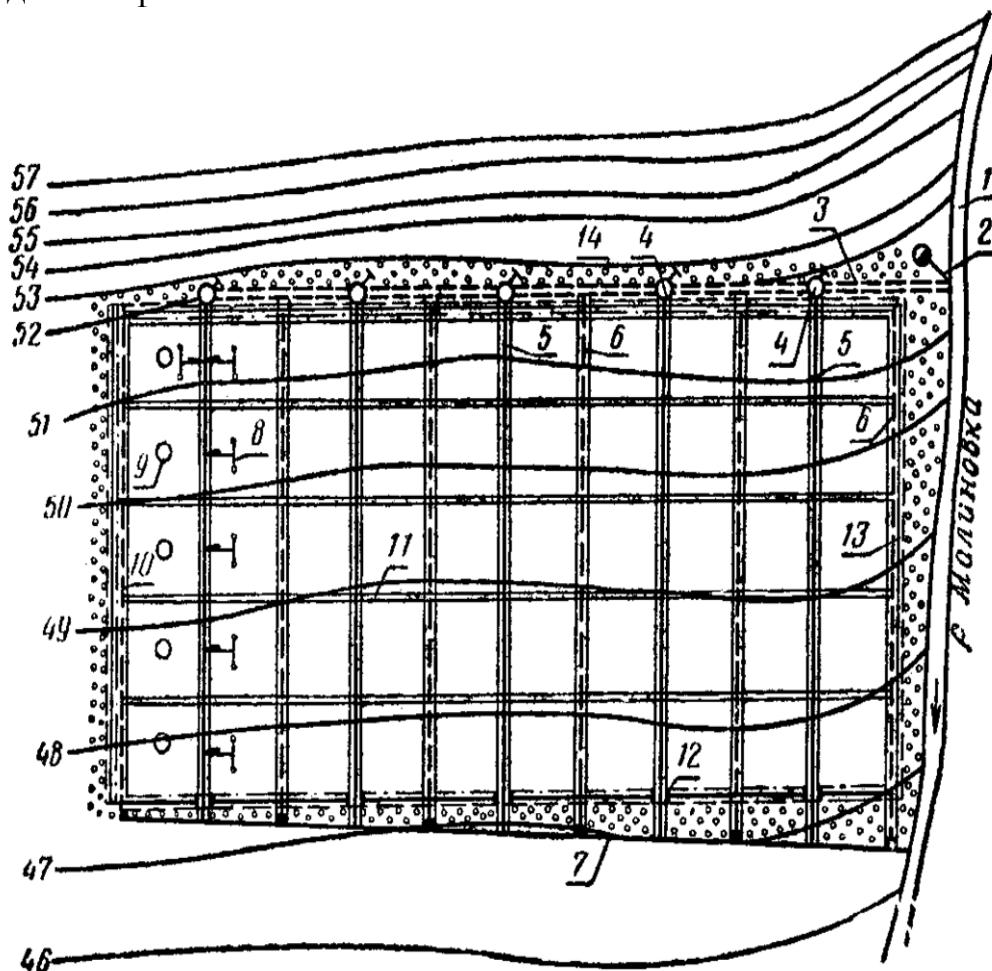


Рис 3. Схема оросительной и дренажно-коллекторной сети при промывке засоленных земель:

1 – водоисточник; 2 – водозабор; 3 – напорный трубопровод; 4 – водовыпуск; 5 – ороситель; 6 – дрена; 7 – коллектор; 8 – водовыпуск в чек; 9 – смотровая скважина; 10 – продольный валик; 11 – поперечный валик; 12 – трубчатый переезд; 13 – дорога; 14 – лесная полоса

Промывку засоленных почв проводят на фоне глубокого дренажа. Дренаж может быть *горизонтальный и вертикальный*.

Глубину дрен принимают исходя из критической глубины грунтовых вод  $h_{кр}$ . *Критической* глубиной минерализованных грунтовых вод называется глубина, с которой уменьшается засоление корнеобитаемого слоя почв или вообще его не происходит. По данным В. А. Ковды, критическая глубина грунтовых вод изменяется от 1,7 до 2,3 м.

Глубину заложения дрен определяют по формуле

$$b_{\text{д}} = h_{\text{кр}} + h_{\text{а}},$$

где  $h_{\text{кр}}$  – критическая глубина, м;

$h_{\text{а}}$  – глубина активного слоя почвы,  $h_{\text{а}} = 0,5 - 1$  м.

Если примем  $h_{\text{а}} = 1$  м,  $h_{\text{кр}} = 1,7 - 2,5$  м, то глубина дрен  $b_{\text{д}} = (1,7 - 2,5) + 1 = 2,7 - 3,5$  м. Принимаем глубину дрены  $b_{\text{д}} = 3,5$  м. Длина дрены в нашем примере  $l_{\text{д}} = 1000$  м, уклон дрен  $i_{\text{др}} = 0,004$ .

Тип коллекторно-дренажной сети на участке смешанный. Дрены закрытые, а коллектор открытого типа, канал трапецеидальной формы. Открытый коллектор позволяет принимать воду из дрен и сбросную воду из оросительной сети. Глубина его должна быть на 0,5 м больше глубины дрен  $b_{\text{к}} = b_{\text{д}} + 0,5 = 3,5 + 0,5 = 4$  м.

Длина открытого коллектора  $l_{\text{к}} = 2000$  м и уклон дна канала  
 $i = 0,0005$ .

В условиях среднетяжелых почвогрунтов расстояние между дренами  $B_{\text{д}}$  можно принять равным 400 м. Дрена должна отстоять от оросителя на расстоянии не менее 50 м. В нашем случае дрены идут по границам промывного чека. Промывку почвы проводят по чекам. Для этого участок разбивают продольными и поперечными валиками на 200 чеков каждый площадью 1 га.

Форма валика трапецеидальная, высота валика 20 – 30 см, ширина по верху принимается равной высоте валика, коэффициент заложения откосов для продольных валиков  $\varphi = 4,5$ , для поперечных  $\varphi = 5 - 7$ . На участке, предназначенном для промывки, необходимо предварительно провести капитальную планировку.

#### *Организация промывки на засоленном участке*

После того как на участке построена дренажно-коллекторная сеть, приступают к подготовке площади для промывки. Осенью после уборки урожая проводят лушение стерни, а затем глубокую перепахку ( $h = 25 - 30$  см). На тяжелых почвах рекомендуется проводить подпочвенное рыхление для увеличения водопроницаемости. После вспашки почву дискуюют, а поверхность выравнивают волокушей или малой, насыпают валики для создания чеков и нарезают оросители. После чего внутри чеков проводят повторное выравнивание.

Промывку почвы обычно проводят в позднесенний или зимний период, когда поля не заняты сельскохозяйственными культурами, уровень грунтовых вод находится на самой большой глубине и испарение минимальное. Кроме того, в это время вода не расходуется на вегетационные поливы, рабочие не так загружены, как летом, а почва дополнительно увлажняется осадками.

Первая порция воды, подаваемая на чек, доводит влажность почвы до состояния наименьшей влагоемкости. В таком состоянии чек оставляют на 3–5 дней для полного растворения солей. Затем подают новую порцию промывной воды для вытеснения раствора солей из промываемого слоя почвы. Вытеснение повторяют в данном случае 5 раз, пока содержание солей в расчетном слое почвы не достигнет допустимого. По рекомендации С. В. Астапова, на легких почвах дают перерыв между поливами 1–2 суток, на средних – 2–3, на тяжелых почвах – 3–5 суток.

В первую очередь воду подают на сильно засоленные участки, постепенно переходя на весь массив. К концу промывок грунтовые воды должны быть на глубине не менее 0,5 м, а к началу весенних полевых работ не ближе 1,5–2 м от поверхности почвы. Если принять продолжительность подачи воды на промывку 5 суток, а перерывы в подачах 3 суток, начало промывки 1 декабря, то можно составить календарь промывок засоленного участка. Подача воды из оросителя в чек производится расходом 10–15 л/с из одного водовыпуска. Воду подают в каждый чек самостоятельно, не допуская перепуска ее из чека в чек. Подача воды и перерывы в разовых промывных нормах проводят строго по утвержденному календарному графику.

Для составления графика необходимо определить расходы воды, подаваемые во временные оросители при разных поливных нормах. Площадь затопления за сутки находят по формуле

$$\omega_{\text{сут}} = \frac{\omega_{\text{уч.б}}}{T} = \frac{200}{5} = 40 \text{ га,}$$

где  $\omega_{\text{уч.б}}$  – площадь промываемого участка, га;

$T$  – продолжительность подачи воды на промывку, сут.

Общее число оросителей на участке будет равно:

$$n = \frac{l_{\text{уч}}}{b_{\text{ор}}} = \frac{2000}{200} = 10,$$

где  $l_{\text{уч}}$  – длина участка, м;

$b_{\text{ор}}$  – расстояние между оросителями, м.

Площадь, подвешенная к оросителю, составит:

$$\omega_{\text{ор}} = l_{\text{ор}} b_{\text{ор}} = 1000 \cdot 200 = 20 \text{ га.}$$

Расход напорного трубопровода:

а) максимальный

$$Q_{\text{max}} = \frac{m_{\text{max}} \omega_{\text{сут}}}{1,86,4} = \frac{1500 \cdot 40}{1,86,4} \cong 690 \text{ л/с;}$$

б) минимальный

$$Q_{\min} = \frac{m_{\min} \omega_{\text{сут}}}{1 \cdot 86,4} = \frac{1200 \cdot 40}{1 \cdot 86,4} \cong 560 \text{ л/с}.$$

Расход временного оросителя должен быть в пределах 100 – 150 л/с. Принимаем  $Q_{\text{ор}}=150$  л/с. Отсюда число одновременно работающих временных оросителей будет равно  $n_{\text{ор}} = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ор}}} = \frac{690}{150} \cong 5$ .

Зная время промывок, разовые промывные нормы, число одновременно работающих оросителей и расходы, можно составить календарь промывок (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Календарь промывок засоленного участка

№ участка	Сроки промывок	Промывные разовые нормы, м <sup>3</sup> /га	Расход воды трубопровода, л/с	Расходы воды (л/с), подаваемые во временные оросители									
				1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й
1	1–5/ХІІ	1200	560	112	112	112	112	112	–	–	–	–	–
2	9–13/ХІІ	1400	650	130	130	130	130	130	–	–	–	–	–
3	17– 21/ХІІ	1400	650	–	–	–	–	–	130	130	130	130	130
4	25–29/ХІІ	1500	690	–	–	–	–	–	138	138	138	138	138
5	2–6/І	1500	690	–	–	–	–	–	138	138	138	138	138

При промывке почв с большим содержанием натриевых солей может возникнуть опасность образования солонцового процесса, то есть наряду с вымыванием возможно вхождение натрия в почвенный поглощающий комплекс. В таких случаях перед промывкой рекомендуется вносить гипс.

**Исходные данные к заданию:**

$$\begin{array}{llll}
 h = 1 \text{ м} & K_3 = 0,25 & i_{\text{ср}} = 0,003 & l_{\text{ор}} = 800 \text{ м}; \\
 d = 1,3 \text{ г/см}^3 & K_{\text{пр}} = 120 \text{ м}^3/\text{т} & l_{\text{к}} = 2000 \text{ м} & Q_{\text{ор}} = 150 \text{ л/с}; \\
 \gamma_{\text{нв}} = 23 \% & T_{\text{н}} = 1100 \text{ м}^3/\text{га} & \omega_{\text{уч.б}} = 250 \text{ га} & \text{начало промывки 23.11}; \\
 \gamma_{\text{ф}} = 14 \% & h_{\text{кр}} = 2,1 \text{ м} & T = 5 \text{ сут}; & \\
 z_{\text{исх}} = 0,6 \% & h_{\text{а}} = 0,7 \text{ м} & l_{\text{вч}} = 2500 \text{ м}; & \\
 z_{\text{д}} = 0,3 \% & l_{\text{д}} = 2000 \text{ м} & b_{\text{ор}} = 250 \text{ м}. & 
 \end{array}$$

## Удобрительное орошение сточными водами

### Исходные данные для организации орошения сточными водами

На песчаных почвах полей орошения, занятых многолетними травами, ожидается урожай зеленой массы  $Y=400$  ц/га. Коэффициент водопотребления  $K_B=15$  м<sup>3</sup>/ц. Глубина увлажняемого слоя  $h=1$  м. Песчаные почвы имеют объемную массу  $d=1,6$  г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость  $\gamma_{\text{нв}}=15\%$ , минимально допустимая влажность  $\gamma_{\text{ноп}}=10\%$  массы сухой почвы. Для орошения используют городские сточные воды с содержанием в них азота 40, фосфора 5 и калия 10 г/м<sup>3</sup>. Для азота (N) коэффициент усвояемости  $K_V=0,6$ ; для фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) –  $K_V=0,5$  и для калия (K<sub>2</sub>O) –  $K_V=0,8$ . За период вегетации выпадают осадки в количестве  $O=100$  мм. Коэффициент использования осадков  $K_O=0,7$ .

### Оросительные и поливные нормы

Объем городской сточной воды дают из расчета потребности растений в азоте. Недостающие питательные элементы (фосфор и калий) пополняют внесением минеральных удобрений, а недостаток влаги до полного суммарного водопотребления определяют как норму подачи чистой воды из реки, пруда или другого источника орошения.

Норму орошения из условий удовлетворения сельскохозяйственной культуры водой без учета запасов воды в почве за счет осенне-зимней влагозарядки определяют по формуле:

$$M_{\text{ор}} = K_B Y - K_O O = 15 \cdot 400 - 0,7 \cdot 10 \cdot 100 = 6000 - 700 = 5300 \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $K_O$  – коэффициент использования осадков.

Максимальную поливную норму рассчитывают по зависимости:

$$m_{\text{max}} = (W_{\text{воп}} - W_{\text{ноп}}) = 100 \cdot h \cdot d \cdot (\gamma_{\text{нв}} - \gamma_{\text{ноп}}) = 100 \cdot 1 \cdot 1,6 (15 - 10) = 800 \text{ м}^3/\text{га}.$$

$$\text{Тогда число поливов } n = \frac{5300}{800} = 6,6, \text{ принимаем } n = 7.$$

По числу поливов уточняют среднюю поливную норму:

$$T_{\text{ср}} = \frac{5300}{7} \cong 750 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Для определения оросительной нормы при поливе сточной водой надо знать вынос основных питательных веществ урожаем многолетних трав с 1 га. Урожай зеленой массы 400 ц/га в пересчете на сено составит  $Y_{\text{сена}} = 400 \cdot 0,16 = 64$  ц/га. Вынос питательных веществ (прил. 1) составит: N=1,72%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=0,48%; K<sub>2</sub>O = 1,49%. Следовательно, с урожаем многолетних трав (6400 кг/га) азота выносятся:  $\frac{6400 \cdot 1,72}{100} = 110$  кг/га, фосфора

$$\frac{6400 \cdot 0,48}{100} = 30,7 \text{ кг/га, калия } \frac{6400 \cdot 1,49}{100} = 95 \text{ кг/га}.$$

Не все количество питательных веществ, содержащихся в сточных водах, доступно растениям. Для определения доступного количества питательного элемента в 1 м<sup>3</sup> сточной воды необходимо полное содержание этого элемента в 1 м<sup>3</sup> сточной воды умножить на коэффициент усвояемости. Расчеты сводят в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Усвояемое количество питательных веществ (NPK), содержащихся  
в 1 м<sup>3</sup> сточной воды

Питательные элементы	Полное содержание, кг/см <sup>3</sup>	Коэффициент усвояемости	Усвояемое содержание, кг/м <sup>3</sup>
N	0,040	0,6	0,0240
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,005	0,5	0,0025
K <sub>2</sub> O	0,010	0,8	0,0080

Оросительную норму сточной воды из условий компенсации выноса каждого питательного элемента определяют как частное от деления количества, вынесенного с урожаем определенного элемента питания на усвояемое содержание его в 1 м<sup>3</sup> сточной воды:

$$\text{по азоту } M_{\text{ор}} = \frac{4583}{0,024} = 4583 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\text{по фосфору } M_{\text{ор}} = \frac{30,7}{0,0025} = 12280 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$\text{по калию } M_{\text{ор}} = \frac{95}{0,008} = 11850 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Из условий обеспечения потребности многолетних трав в азоте оросительную норму сточной водой принимаем  $M_{\text{ор}} = 4600 \text{ м}^3/\text{га}$ . Недостающие количества фосфора и калия вносят в форме минеральных удобрений.

Количество фосфорных удобрений, которое необходимо внести в почву, определяют следующим образом:  $M_{\text{ор}}$  (по фосфору) –  $M_{\text{ор}}$  (по азоту) =  $12280 - 4600 = 7680 \text{ м}^3/\text{га}$ . В этом количестве сточной воды содержится в доступной для растений форме  $P_2O_5 = 7680 \cdot 0,0025 = 19,2 \text{ кг/га}$ .

Количество калийных удобрений составит  $M_{\text{ор}}$  (по калию) –  $M_{\text{ор}}$  (по азоту) =  $11850 - 4600 = 7250 \text{ кг/га}$ . В этом количестве сточной воды содержится в доступной для растений форме  $K_2O = 7250 \cdot 0,008 = 58 \text{ кг/га}$ .

Таким образом, при поливе сточной водой возникает необходимость в дополнительном внесении минеральных удобрений в количестве:  $P_2O_5 - 19,2$ ,  $K_2O - 58 \text{ кг/га}$ . Недостаток сточной воды для покрытия водопотребления культуры компенсируется чистой водой  $M_{\text{ч.в.}} = M_{\text{ор}} - M_{\text{ст}} = 5300 - 4600 = 700 \text{ м}^3/\text{га}$ , где  $M_{\text{ч.в.}}$  – оросительная норма чистой речной воды.

Поливная норма чистой воды с учетом того, что последние два полива можно объединить в один и провести его в период влагозарядки сточной водой без добавления чистой воды составит:

$$T_{ч.в} = \frac{M_{ч.в}}{n_1} = \frac{700}{5} = 140 \text{ м}^3/\text{га}, \text{ принимаем } T_{ч.в} = 150 \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $n_1$  – число поливов без двух последних,  $n_1 = 7 - 2 = 5$ .

Суммарная поливная норма каждого из пяти поливов будет равна:

$$\Sigma T = T_{ст} + T_{ч.в} = 750 + 150 = 900 \text{ м}^3/\text{га}.$$

### *Особенности агротехники при поливе сточными водами*

К особенностям агротехники при поливе сточными водами следует отнести: подбор культур для орошения, тщательное выравнивание орошаемого участка, глубокую пахоту и регулярное внесение извести на поля.

На полях орошения большее место должны занимать многолетние травы, они нужны для восстановления агрегатности почвы; теряющейся под воздействием приносимой в стоке поваренной соли (NaCl) и заиления. Обязательная планировка обеспечит равномерность полива и устранил сброс воды за пределы орошаемой территории. Глубокая пахота увеличивает влагоемкость почвенного горизонта. Вспашку проводят оборотными или безотвальными плугами, чтобы не было разъемных борозд и свальных гребней.

### **Задание на орошение сточными водами:**

Сено люцерновое:  $Y = 320$  ц/га, влажность 19 %;

$K_b = 32$  м<sup>3</sup>/ц;  $h = 0,9$  м;  $d = 1,3$ ;  $\gamma_{нв} = 16$  %;  $\gamma_{ноп} = 7$  %;

$O = 138$  мм;  $K_o = 0,8$ .

### **Рекомендуемые источники информации:**

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник. – М.: Колос, 2000. – 96 с.

3. Тараканов О.В, Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.

4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».

## Тема 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОСБОРНЫХ КАНАВ-ВАЛОВ

Заболоченный участок площадью 450 га расположен в пойме р. Карповки на землях одного из хозяйств Московской области (рис. 4). Почвы участка представлены средними и тяжелыми аллювиальными суглинками. Мощность среднесуглинистого слоя изменяется от 1,2 до 1,5 м.

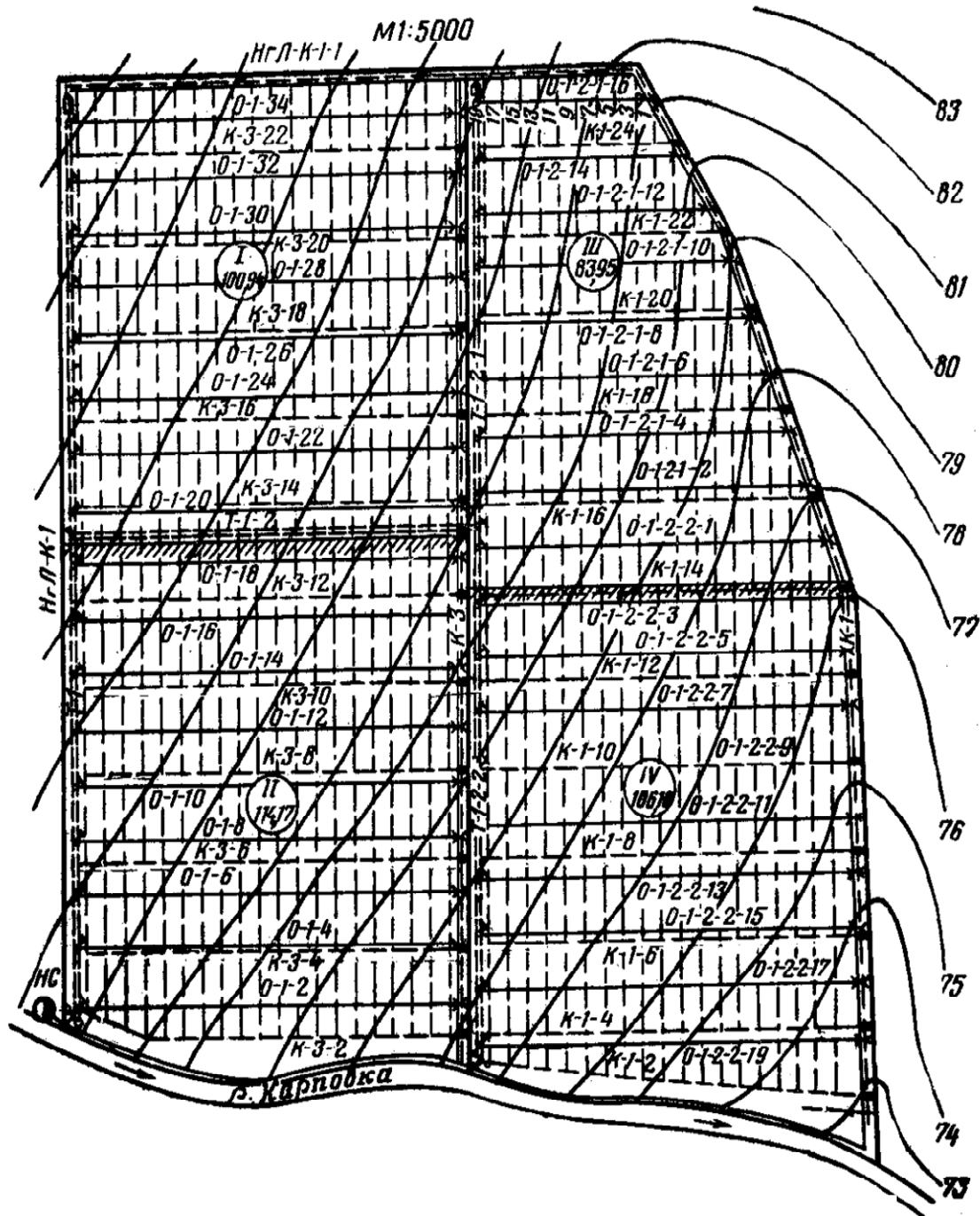


Рис. 4. Осушительно-орошительная система в пойме р. Карповки



Пойменные земли используют под сенокосы и пастбища. Урожайность сена на них составляет 8-10 ц/га. Растительность представлена малоценными в кормовом отношении травами. В травостое преобладают щучка, мелкая осока, полевица белая и влаголюбивое разнотравье. Значительная часть площади покрыта мелким кустарником высотой до 3 м и кочками. Высота кочек 10-15 см на 1 га их приходится до 10000. Водное питание поймы р. Карповки происходит от весенних разливов реки, поверхностных и грунтовых вод, стекающих с прилегающих склонов, и от осадков. Заболачивание поймы связано со слабым оттоком в русло реки грунтовых и поверхностных вод.

Согласно плану развития хозяйства, осушаемый участок планируют использовать под восьмипольный овощекормовой севооборот (табл. 10).

Т а б л и ц а 10

Проектируемый набор культур и их урожайность на орошаемом участке в пойме р. Карповки

Культура	Число полей	Планируемый урожай, ц/га
Многолетние травы	2	55
Капуста ранняя	1	350
« поздняя	1	700
Свекла кормовая	1	1000
Морковь столовая	1	350
Картофель ранний	1	150
« поздний	1	300

*Схема осушительно-оросительной системы*

Схему мелиоративной системы выбирают с учетом методов и способов осушения, планируемого сельскохозяйственного использования и почв осушаемого массива.

Так как пойменные земли предполагается использовать под посевы овощных и кормовых культур, которые в условиях Московской области требуют частых поливов, необходимо запроектировать оросительную сеть, позволяющую орошать культуры дождеванием.

Осушительная часть системы. Водоприемником осушительной сети является р. Карповка. В пределах осушаемой площади летом уровень воды в русле находится на 1,2 м ниже ее берегов. Русло в плане имеет плавное очертание и не зарастает водной растительностью. В пределах сбросного участка, то есть ниже осушаемого массива, в русле реки имеются перекаты, которые подпирают уровень воды в пределах рабочего участка. Для снижения уровня воды и предупреждения затопления поймы летне-осенними паводками на сбросном участке водоприемника предусмотрена расчистка перекатов и на отдельных участках углубление русла, для придания ему однообразного уклона. После выполнения этих работ уровень воды в реке понизится на 0,7 м.

Открытая проводящая осушительная сеть состоит из двух магистральных осушительных каналов. Магистральный канал К-1 намечено построить по самым низким отметкам лощины. Он впадает в р. Карповку под острым углом. Такое расположение канала К-1 обеспечит эффективный отвод избыточных вод, а для его строительства потребуются минимальный объем земляных работ. Уклон лощины 0,005. Он находится в допустимых пределах для проводящих осушительных каналов (0,005–0,0005). В этом случае не требуется большого заглубления канала и применения дорогостоящих креплений его откосов. Второй магистральный канал К-3 расположен примерно посередине осушаемого участка и делит осушаемую площадь на две равные части. На каждой из них расположено по четыре поля севооборота. Ширина участка не более 1,1 км, что соответствует допустимым пределам для коллекторов (250–1200 м). Уклон трассы канала К-3 0,0032 соответствует допустимым пределам для проводящих каналов.

Ограждающая осушительная сеть состоит из двух нагорно-ловчих каналов, расположенных с северной и западной стороны осушаемого участка. Они предназначены для перехвата поверхностных и части грунтовых вод. Один из них впадает в канал К-1, второй – в русло реки. Уклоны по трассам каналов 0,0029 и 0,0046.

Закрытые коллекторы и дренажи расположены внутри каждого поля севооборота. Закрытые коллекторы направлены по наибольшему уклону осушаемой площади и впадают в магистральные каналы К-1 и К-3. Такое расположение коллекторов является одним из основных условий надежности их работы. Средний уклон осушаемой местности 0,003, а допустимые для закрытых коллекторов уклоны находятся в пределах от 0,003 до 0,07.

Дренажи к коллекторам подсоединены с одной стороны и расположены под острым углом к горизонталям местности, что позволяет заложить дренажные трубы на одинаковую глубину по всей длине дренажа. Так как на осушаемом массиве почвогрунты однородны, а уклон местности отличаются незначительно, то на всем участке расстояние между дренажами принято одинаковое.

При размещении закрытой осушительной сети на плане было учтено, что каналы осушают полосу шириной 30–50 м, поэтому первые дренажи от каналов намечены на расстоянии 30–50 м плюс половина расстояния между дренажами.

Оросительная часть системы. При проектировании оросительной части системы устанавливают обеспеченность водой источника орошения, способы подачи воды до поля и увлажнения почвы.

Источником орошения является р. Карповка. Расход воды в ней в период летнего межениго уровня по годам колеблется от 0,7 до 0,9 м<sup>3</sup>/с. Если принять условие, что для орошения 1 га требуется постоянный расход 1 л/с брутто, то расходом воды в реке можно оросить 700–900 га. По зада-

нию на проектирование системы площадь орошения равняется 450 га. Следовательно, из реки будет забрано не более  $0,45 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Забор воды из реки производится насосной станцией. На левом берегу реки выбрана площадка под насосную станцию. В этом месте русло не подвержено размыву, берег крутой, глубина воды достаточна для забора ее насосами.

#### *Выбор дождевальной машины или установки*

При выборе дождевальных машин и установок учитывают конфигурацию и рельеф орошаемого участка, водно-физические свойства почвы, производительность дождевальной техники, капитальные затраты на строительство оросительной сети и условия механизации полевых работ.

Из дождевальных машин, серийно выпускаемых промышленностью, в настоящее время большое распространение на осушаемых землях получили: ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100, «Волжанка» (ДКШ-64), «Фрегат», «Днепр» и др.

Пригодность дождевальных машин устанавливают по ряду показателей. Одним из важных показателей является качество дождя. Хорошее качество полива получается в том случае, когда скорость впитывания воды в почву на 15–25 % больше интенсивности дождя, создаваемой дождевальной машиной. Так как на осушаемом участке среднесуглинистые почвы и может быть построена, комбинированная оросительная сеть, то для полива, можно рекомендовать дождевальные машины ДДА-100МА и ДДН-100. Средняя интенсивность дождя, создаваемого ДДА-100МА, колеблется от 0,12 до 0,34 мм/мин и менее.

Коэффициенты использования земли на площади, поливаемой машинами ДДН-100 и ДДА-100МА, одинаковые, так как для их работы следует нарезать оросители через 120 м.

Таким образом, для полива участка, осушаемого дренажем, принимаем машину ДДА-100МА.

#### *Дорожная сеть*

На осушаемом участке предусмотрены только полевые дороги. Они расположены вдоль реки, нагорно-ловчего и магистральных каналов К-1 и К-3. Такое расположение дорог позволит кратчайшим путем вывозить урожай с каждого поля севооборота.

#### *Расчет параметров закрытой осушительной сети*

*Расчетный режим грунтовых вод.* На осушаемом участке расстояние между дренами и глубина их заложения должны быть приняты такими, чтобы уровень грунтовых вод опускался на глубину 50–60 см к началу весенней пахоты, 70–80 см к концу первого месяца вегетации, а в остальной период вегетации сельскохозяйственных культур он был бы на глубине 1,0–1,1 м от поверхности почвы.

*Глубина заложения дрен.* Минимальную среднюю, глубину заложения дрен ( $b$ ) принимают в минеральных грунтах 1,0 м, в торфяниках – 1,1 м после осадки торфяной залежи, вызванной осушением. При этом дрена закладывают в наиболее проницаемый по почвенному профилю слой.

Среднюю глубину заложения дрен (рис. 5) рассчитывают по выражению:

$$b = a + h + d_{\text{в}} + \Delta b_{\text{мин}},$$

где  $a$  – норма осушения, м;

$h$  – прогиб кривой депрессии, м;

$\Delta$  – осадка осушаемого слоя почвы, доли;

$d_{\text{в}}$  – внешний диаметр дрены, м;

$d_{\text{мин}}$  – минимальная глубина заложения дрены, м.

$$b = 0,6 + 0,3 + 0,07 + 0,1 \cdot 1 = 1,07 \text{ м.}$$

Принимаем  $b = 1,1$  м.

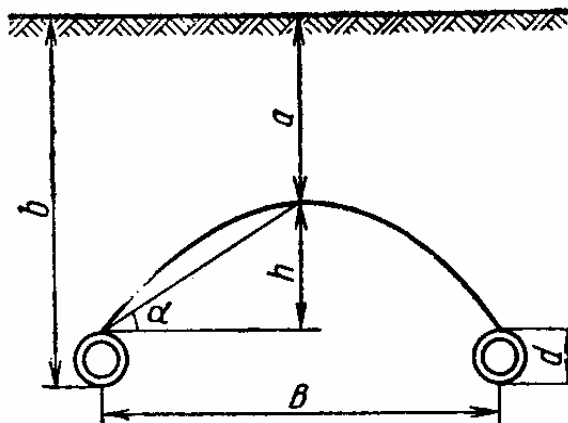


Рис.5. Схема к расчету глубины заложения дрен

Норма осушения к концу предпосевного периода равняется 0,6 м. Прогиб кривой депрессии определяют по зависимости:

$$h = \frac{B}{2} \operatorname{tg} \alpha .$$

Угол наклона кривой депрессии  $\alpha$  зависит от водопроницаемости осушаемого слоя почвы и равняется  $6\text{--}10^\circ$  в песчаных,  $11\text{--}20^\circ$  в среднесуглинистых,  $25\text{--}35^\circ$  в глинистых почвах и  $10\text{--}20^\circ$  в низинных торфяниках средней степени разложения.

Приближенно прогиб кривой депрессии  $h$  можно принять 0,1–0,3 м в среднеразложившемся торфянике, 0,1–0,2 м в песчаных, 0,1–0,3 м в суглинистых и 0,2–0,5 м в тяжелосуглинистых грунтах.

Осадка осушаемого слоя почвы  $\Delta$  зависит от количества органических веществ в нем и интенсивности их разложения. Его значение принимают: 0,15 – 0,25 для торфяников средней степени разложения, 0,01–0,05 для песчаных и 0,05 – 0,1 для суглинистых и глинистых почв.

*Приток воды к дрене.* Наиболее напряженное время в работе дренажа, как правило, приходится на период от конца снеготаяния или схода паводковых вод до начала весенних полевых работ, так как за это время, равное 10–15 суткам, уровень грунтовых вод должен опускаться на глубину 50–60 см от поверхности почвы. При определении расстояния между дренами этот период принимают за расчетный.

**Пример.** Избыток воды в расчетном слое находим по формуле

$$\tau_c = H_b + \alpha \frac{\delta}{2} + O - e = 0,02 + 0,6 \cdot 0,08 = 0,068 \text{ м.}$$

Слой воды, оставшийся в микропонижениях,  $H_b = 0,02$  м.

Коэффициент водоотдачи в осушаемом слое определяем по формуле:

$$\delta = \Pi - \Pi \sqrt{1 - \frac{a}{H_k} \left[ 1 - \left( \frac{B3_c}{\Pi_c} \right)^2 \right]} = 0,65 - 0,65 \sqrt{1 - \frac{0,6}{1,2} \left[ 1 - \left( \frac{0,24}{0,65} \right)^2 \right]} = 0,16.$$

$$\frac{\delta}{2} = \frac{0,16}{2} = 0,08.$$

Сумма осадков и испарение за расчетный период приняты одинаковыми  $O = e$ .

Приток воды к дрене вычисляем по формуле

$$q = \frac{m_c}{T} + K_\phi i = \frac{0,068}{10} + 0,1 \cdot 0,005 = 0,0073 \text{ м/сут.}$$

*Расстояние между дренами.* Основным периодом для расчета расстояния между дренами является время от конца схода паводковых вод до начала весенних полевых работ. Для этого необходимо знать отношение расстояния между дренами и от дрен до водоупора, коэффициент фильтрации водовмещающей толщи, напор над дренами и приток воды к ним.

**Пример.** Требуется определить расстояние между дренами, работающими в режиме осушения. Дано: в пойме р. Карповки водоупор находится на глубине 10 м от поверхности осушаемого участка; грунтовые воды ненапорные; коэффициенты фильтрации суглинистого и подстилающего горизонтов примерно одинаковые –  $K_\phi = 0,1$  м/сут.

Расстояние между дренами приближенно принимаем равным 30 м. Так как отношение  $B : S = 30 : 10 = 3$ , то для расчета расстояния между дренами используем формулу:

$$B = 2H_d \sqrt{\frac{K_\phi}{o} \left( 1 + \frac{2S}{H_d} \right) \cdot \alpha} = 2 \cdot 0,74 \sqrt{\frac{0,1}{0,0073} \left( 1 + \frac{2 \cdot 10}{0,74} \right) \cdot 0,2} \cong 13 \text{ м.}$$

Принимаем  $B = 15$  м.

Среднее превышение уровня грунтовых вод между дренами над уровнем воды в дрене определяем по формуле

$$H_d = b - 0,6 a = 1,1 - 0,6 \cdot 0,6 = 0,74 \text{ м.}$$

*Диаметры дрен и коллекторов.* Диаметры дрен, работающих в режиме осушения, в практике принимают равными 5 см. Гидравлический расчет их проводят с целью проверки пропускной способности для принятых уклонов и расстояния между ними.

Чтобы определить расход, пропускаемый дренами, на плане (рис. 6) определяют минимальный уклон дрены. Зная уклон и диаметр (прил. 4), находят расход дрены  $Q_d$ .

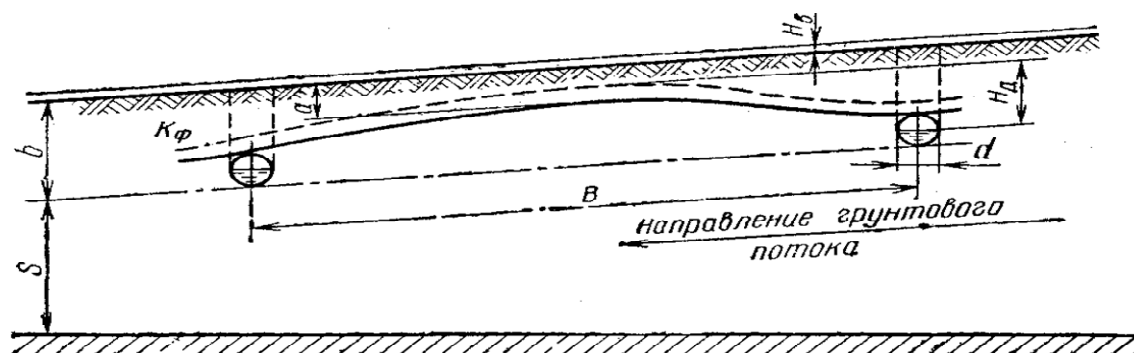


Рис. 6. Схема к расчету расстояния между дренами

Расход, поступающий из осушаемого слоя в дрена,  $Q_{дп}$  (л/с), рассчитывают по формуле

$$Q_{дп} = q_{\max} \omega,$$

где  $q_{\max}$  — максимальный модуль дренажного стока за расчетный период, л/с га,

$$q_{\max} = 116q$$

( $q$  — приток воды к дрене в весенний период, м/сут);

$\omega$  — площадь, осушаемая дренами, га,

$$\omega = \frac{l_d B}{10000}$$

( $l_d$  — длина дрены, м).

Если  $Q_d$  больше или равняется  $Q_{дп}$ , то принятые диаметр и расстояние между ними достаточны для своевременного отвода избыточных вод.

**Пример.** Определить приток воды к дрене и ее пропускную способность. Дано:  $i=0,002$ ;  $B=15$  м;  $l_d = 150$  м,  $q=0,0068$  м/сут.

При уклоне дрены 0,002 и внутреннем диаметре ее 5 см (см. прил. 1) находим расход, который может пропустить дрена,  $Q_d = 0,39$  л/с.

Площадь, осушаемую дренами, определяем по формуле

$$\omega = \frac{150 \cdot 15}{10000} = 0,225 \text{ га.}$$

Максимальный модуль дренажного стока находим по выражению:

$$q_{\max} = 116 \cdot 1 \cdot 0,0068 = 0,79 \text{ л/с га.}$$

Приток воды к дрене или расход в ее устье вычисляем по формуле

$$Q_{\text{ДП}} = 0,79 \cdot 0,225 = 0,178 \text{ л/с.}$$

Диаметры керамических коллекторных труб имеют следующие стандартные размеры: 10; 12,5; 15,0; 17,5; 20,0 и 25,0 см. Их подбирают, начиная от истока к устью с учетом указанных стандартных размеров.

**Пример.** Подобрать диаметры коллекторных труб (рис. 7).

Дано: уклон коллектора, имеющего наибольшую длину,  $i=0,003$ ;  $B = 15 \text{ м}$ ;  $d_{\min} = 10 \text{ см}$  (рис. 4);  $Q_{\text{К}} = 0,178 \text{ л/с}$ .

Пропускную способность коллекторной трубы диаметром 10 см с учетом заданного уклона  $i=0,003$  определяем по прил. 1 –  $Q_{\text{К}} = 3,08 \text{ л/с}$ .

Длину коллектора диаметром 10 см найдем по формуле

$$L_{\text{К}1} = \frac{3,08 \cdot 15}{0,178} = 259 \text{ м.}$$

Принимаем  $L_{\text{К}1} = 260 \text{ м}$ .

Для второго участка коллектора (рис. 4), диаметр которого принят 12,5 см, пропускная способность (прил.4) равняется  $Q_{\text{К}} = 5,72 \text{ л/с}$ .

Длину коллектора от его истока до конца расчетного сечения находят по формуле:

$$L_{\text{К}2} = \frac{5,72 \cdot 15}{0,178} = 483 \text{ м.}$$

Принимаем  $L_{\text{К}2} = 480 \text{ м}$ .

Длину участка коллектора диаметром 12,5 см. вычисляем по формуле

$$l = 480 - 260 = 220 \text{ м.}$$

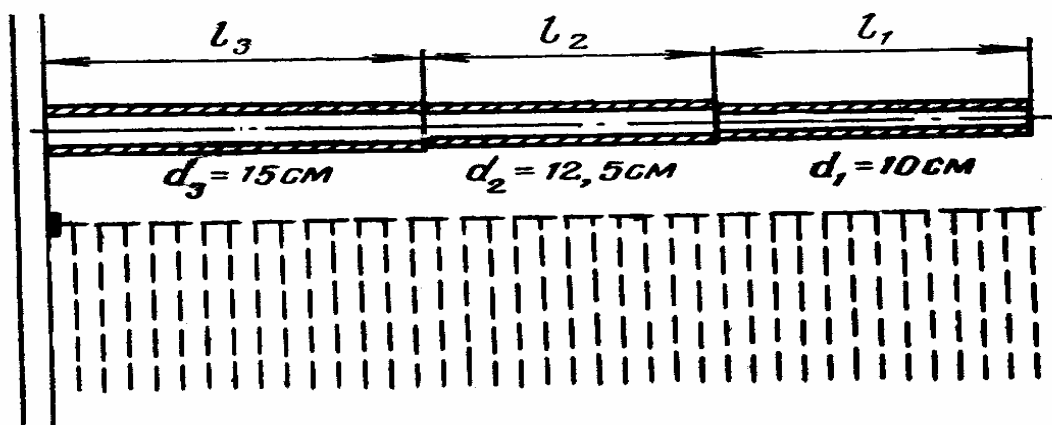


Рис. 7. Подбор диаметров коллектора

### Расчет оросительной сети

Режим орошения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на осушаемых землях.

Расчет проводят в следующей последовательности:

– определяют количество осадков, температуру воздуха и режим грунтовых вод по декадам за период вегетации для расчетного года 75–90 %-ной обеспеченности;

– рассчитывают ведомость водного режима для культур проектируемого севооборота;

– составляют таблицу сроков и норм полива и сброса избыточных вод из расчетного слоя почвы;

– разрабатывают оперативный план регулирования водного режима.

Определяют необходимое для полива проектируемой площади число дождевальных машин. Оно равняется числу одновременно работающих дождевальных машин в самый напряженный период полива, который соответствует самому продолжительному периоду без осадков в расчетном году. Он равняется 20–30 дням и соответствует времени, когда поливы проводят самыми большими нормами и одновременно поливают наибольшее число полей.

Организация полива на поле машиной ДДА-100МА. Дождевальный агрегат ДДА-100МА поливает культуры в движении, работает от открытого оросителя, в котором глубина воды должна быть не менее 30 см (прил.5)

Для определения продолжительности полива поля одной дождевальной машиной ДДА-100МА необходимо знать время работы ее на одном оросителе и число оросителей в пределах поля. Для этого рассчитывают:

1. Время, необходимое для прохода ДДА-100МА с учетом разных скоростей движения ее вперед и назад:

$$T_{\text{ст}} = \frac{l}{v_{\text{м}}}; \quad v_{\text{м}} = \frac{v_{\text{п}} + v_{\text{з}}}{2},$$

где  $v_{\text{м}}$  – средняя скорость движения ДДА-100МА во время полива, км/ч;

$v_{\text{п}}, v_{\text{з}}$  – передняя и задняя скорости движения ДДА-100МА, км/ч;

$l$  – расстояние между перемычками.

$$T_{\text{ст}} = \frac{70}{13,3} = 5,26 \text{ мин}; \quad v_{\text{м}} = \frac{1,03 + 0,575}{2} = 0,8 \text{ км/ч},$$

или 13,3 м/мин, или 0,22 м/с.

2. Слой дождя за один осредненный проход дождевальной машины:

$$T_1 = \frac{Q_{\text{м}} T_{\text{от.о}}}{Bl} = \frac{Q_{\text{м}} l}{Bl v_{\text{м}}} = \frac{Q_{\text{м}}}{B v_{\text{м}}} = \frac{130}{120 \cdot 0,22} = 4,9 \text{ мм.}$$

Число проходов агрегата при поливе нормой  $t = 400 \text{ м}^3/\text{га}$  составит:

$$n_{\text{прох}} = \frac{t}{m_1} = \frac{40}{4,9} = 8.$$



3. Продолжительность работы ДДА-100МА

$$T_6 = \Pi_{\text{прох}} \cdot T_{\text{от.о}} = 8 \cdot 5,26 = 42 \text{ мин.}$$

4. Продолжительность работы ДДА-100МА на открытом оросителе при коэффициенте использования рабочего времени машиной  $\beta_{\text{сут}} = 0,75$  составит:

$$T_0 = \frac{T_6 n_{\text{пер}}}{\beta_{\text{сут}}} = \frac{42 \cdot 10}{0,75} = 560 \text{ мин, или 9 ч 20 мин.}$$

5. Продолжительность полива поля, на котором нарезано семь открытых оросителей:

$$T_{\text{поля}} = T_0 \cdot \Pi_0 = 560 \cdot 7 = 3920 \text{ мин, или 65 ч 20 мин.}$$

Таким образом, если машина ДДА-100МА работает 16 ч в сутки, то она одна польет поле за четыре дня.

**Задание:**

1. Рассчитать приток воды в дрене

$H_B = 0,02$  м, слой воды, оставшийся в понижениях после стока поверхностных вод.

$\Pi, \Pi_c = 0,7$  – пористость.

$a = 0,6$  – норма осушения, м.

$H_k = 1,2$  м – максимальная высота капиллярного поднятия, м.

$BZ_c = 0,25$  – влажность завядания в слое  $H_k$ .

2. Определить расстояния между дренами.

$K_{\phi} = 0,1$ .

$S = 10$  м.

$b = 1,28$  м.

$a = 0,6$  м.

$\alpha = 0,2$  коэффициент, учитывающий степень несовершенства дрены по отношению к фильтрационному потоку.

3. Определить диаметры дрен и коллекторов.

$i = 0,003$ .

$l_d = 150$  м, длина дрены.

$d = 7,5$  см.

$d_{\text{min}} = 10$  см.

$d_{\text{max}} = 12,5$  см.

4. Организовать полив машиной ДДА-100 МА

$l = 70$  м.

$Q_M = 120$  м<sup>3</sup>/с расход, потребляемый ДДА-100МА.

$B = 110$ .

$m = 50$  мм/га.

$n = 10$  мин перерыв в работе.

$n_0 = 9$ .

**Водосборные канавы-валы** (рис. 8) строят для того, чтобы задержать всю или часть стекающей с водосбора воды. Их размещают выше вершины оврага по горизонталям местности. Вынутую из канавы землю насыпают в вал с горизонтальным гребнем. Между канавой и валом оставляют берму шириной 0,5–1 м. Первый вал делают на расстоянии 10–15 м от бровки оврага, чтобы фильтрационный ток из канавы не вызвал оползания склонов оврага.

Ряды валов с канавами располагают один от другого на расстоянии, несколько превышающем длину прудка, так как в противном случае может произойти подмыв вышележащего вала. Расстояние ( $L$ ) между соседними валами определяется из следующего соотношения:  $L = \frac{h}{i}$ , где  $h$  – высота вала и  $i$  – наибольший уклон местности перед оврагом.



Условные обозначения

- |  |                      |  |                                      |
|--|----------------------|--|--------------------------------------|
|  | Канавы               |  | Водослив в вале и перемычка в канаве |
|  | Вал                  |  |                                      |
|  | Водораздельная линия |  |                                      |

Рис. 8. Схема расположения водосборных канав с валами

Вода, притекающая с водосбора, наполняет канал и образует стоячий прудик за валом. Для предохранения валов от размыва в них через 10–20 м делают одернованные водосливы шириной 2 м и на 0,15–0,25 м ниже гребня вала для стока излишней воды. Канавы с валами делают прерывистыми, длиной 6–8 м, с такими же промежутками между ними расположенными в шахматном порядке. Разбивку валов начинают с нивелировки средних точек профиля канавы. После разбивки первой линии канав с валами проектируют вторую линию, переставив рейку на такое расстояние, чтобы но-

вый отсчет на ней дал превышение, равное полной высоте вала. Аналогично разбивают последующие линии. После разбивки канав приступают к их спрямлению, так как вследствие неровностей рельефа образуются извилистые линии. В понижениях общая высота вала будет несколько больше за проектированной, а на повышениях – меньше.

После спрямления протрассированной на местности линии отмечают ось канавы и вала и приступают к земляным работам, предварительно убрав растительный слой в основании вала. Для задержания воды концы вала отводят вверх под углом 30-40° на расстояние, равное длине прудка.

После окончания земляных работ тщательно одерновывают водосливы и наружные откосы вала против них для предупреждения от размыва.

Для предотвращения глубинной эрозии при сбросе излишней воды дно оврага обычно укрепляют запрудами-плетнями из живых ивовых кольев, которые при прорастании способствуют быстрому отложению ила по его дну.

Рекомендуется принимать следующие размеры водосборных канав с валами (в м):

глубина канавы	$h=1,0$
ширина по дну	$b=0,5$
коэффициент заложения откоса, который принимается в зависимости от характера грунта	$m=1-2$
общая высота вала	$h_1=1,0$
рабочая высота вала в месте устройства водослива	$h_2 = h_1 - (0,15-0,25) \quad h_2 = 0,85-0,75$
ширина вала поверху	$b_1=0,5$
коэффициент заложения наружного (сухого) откоса вала	$m_1=1,0-1,5$
коэффициент заложения внутреннего (мокрого) откоса вала	$m_2=1,5-2,0$
ширина бермы	$c=0,75$

Для установления протяженности водосборных каналов-валов необходимо определить максимальный объем стока на водосборе и количество воды, задерживаемой 1 пог. м канавы с валом:

$$W=W_1+W_2,$$

где  $W$  – объем воды, задерживаемой 1 пог. м канавы, м<sup>3</sup>

$W_1$  – объем воды, задерживаемой 1 пог. м канавы, м<sup>3</sup>;

Для определения объема задерживаемой воды вычисляем суммарную площадь поперечного сечения, образующуюся прудком (рис. 9):

$$f=f_1+f_2,$$

где  $f$  – суммарная площадь поперечного сечения, состоящая из треугольника  $t_{пр}$  и трапеции  $ског$ , м<sup>2</sup>.

$f_1$  – площадь поперечного сечения трапеции ского, м<sup>2</sup>;  
 $f_2$  – площадь поперечного сечения треугольника тпр.

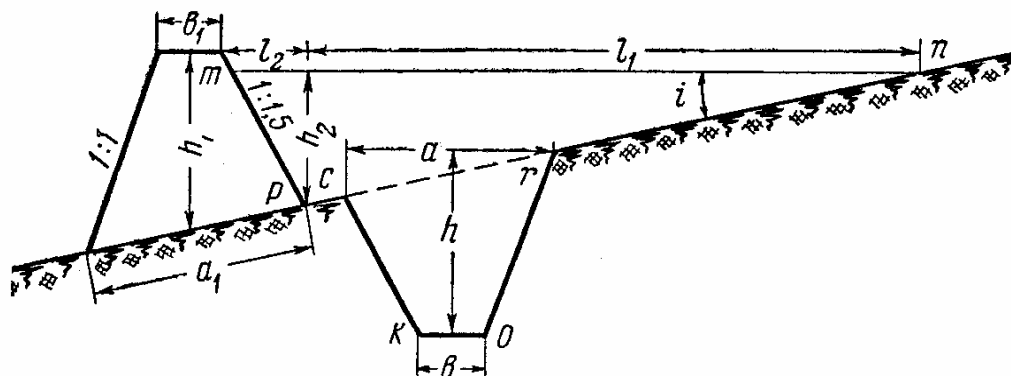


Рис. 9. Поперечный профиль водосборной канавы с валом

Объем воды (в м<sup>3</sup>), задерживаемой 1 пог. м канавы с валом, может быть определен из выражения:

$$W = f \cdot 1 = \frac{1}{2} \left[ (a + b)h + \frac{h^2}{i} + m_2 h_2^2 \right] \cdot 1.$$

Разделив максимальный объем воды  $W_{в.с}$  или  $W_{л.с}$ , стекающей с водосбора, на количество воды, задерживаемой 1 пог. м водосборной канавы с валом  $W$ , определяем необходимую протяженность канав с валами  $L$  (в м), чтобы задержать всю стекающую с водосбора воду:

$$L_1 = \frac{W_{в.с.}}{W} \quad \text{или} \quad L_2 = \frac{W_{л.с.}}{W}.$$

Полученные длины  $L_1$  и  $L_2$  необходимо увеличить на длину всех перемычек. Учитывая приближенную точность определения величин  $W_{в.с}$ ,  $W_{л.с}$  и  $W$ , такое увеличение  $L_1$  и  $L_2$  вполне допустимо и обеспечивает известный запас емкости  $W$ . Определим, насколько необходимо увеличить значения  $L_1$  или  $L_2$ , чтобы обеспечить задержание всего стока с водосбора.

Допустим, что на всей длине валов с прерывистыми водосборными канавами  $L$  запроектировано  $n$  перемычек длиной по  $c$  каждая, тогда общая длина водосборных канав будет равна  $L - nc$  и объем задержания воды уменьшится на  $W_1 = f_1 nc$ .

Т а б л и ц а 11

Коэффициент весеннего стока

Почвогрунты водосборной площади	Уклоны водосборной площади		
	<0,01	0,01–0,05	>0,05
Хорошо водопроницаемые	0,10–0,20	0,15–0,25	0,20–0,30
Средние водопроницаемые	0,15–0,25	0,20–0,30	0,25–0,40
Ниже средней водопроницаемости	0,20–0,30	0,25–0,45	0,35–0,60
Слабо водопроницаемые	0,25–0,40	0,30–0,60	0,50–0,75
Мерзлые	0,35–0,60	0,40–0,75	0,80–0,95

Расчет ширины порога водосливов  $b$  (м) для сброса излишней воды, образующейся за валами, ведется на пропуск максимального секундного расхода весеннего или летнего стока по формуле

$$b = 0,65 \sqrt{\frac{Q^2}{H^3}},$$

где  $Q$  – максимальный секунднй расход, сбрасываемый через водослив, м<sup>3</sup>/с;

$H$  – напор на пороге водослива (в м), который находится из зависимости:

$$H=0,42 v^2;$$

здесь  $v$  – допускаемая скорость воды на водосливе (табл. 12).

Т а б л и ц а 12

Допускаемые максимальные скорости  
(при средних глубинах потока до 0,4 м) для грунтов и креплений

Категория поверхности	Скорость, м/с
Песок мелкий	0,17-0,27
средний	0,27-0,47
крупный	0,47-0,53
Галька мелкая	0,95-1,20
Глина	0,33
Растительный грунт	0,12-0,17
Дерн свежий плашмя	0,66
в стенку	1,50
Одиночная мостовая	2,50-2,90
Хворостяные крепления	1,80
Бетон	4,20–7,50

**Пример расчета.** Требуется определить необходимую длину водосборных канав с валами для предотвращения роста оврага в КХ «Октябрь» Курской области (см. рис. 10). Водосборная площадь  $F=0,5$  км<sup>2</sup>, средний уклон водосбора у вершины оврага  $i=0,013$ , почвогрунты – хорошо водопроницаемая супесь.

1. Определение объемов стока и секунднх расходов весеннего и ливневого паводков.

Объем весеннего стока находим по формуле

$$W_{в.с} = 1000 \sigma_1 HF,$$

где  $\sigma_1=0,25$  по табл. 1;

$$H = 80 \text{ мм};$$

$$W_{в.с} = 1000 \cdot 0,25 \cdot 80 \cdot 0,5 = 10\,000 \text{ м}^3.$$

Средний расход весеннего паводка:

$$Q_{ср.в.} = \frac{0,2HF}{\sqrt[4]{F+10}} = \frac{0,02 \cdot 80 \cdot 0,5}{\sqrt[4]{0,5+10}} = 0,45 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расход весеннего паводка 10 % обеспеченности:

$$Q_{в.10\%} = K_{10\%} Q_{ср.в.} = 0,45 \cdot 1,74 = 0,78 \text{ м}^3/\text{с},$$

где коэффициент  $K_{10\%}$  найден для  $C_v = a - 0,05$ ;  $C_v = 0,6 - 0,05 = 0,55$  по табл. 15. Значение  $a \approx 0,6$  определено для Курской области из приложения.

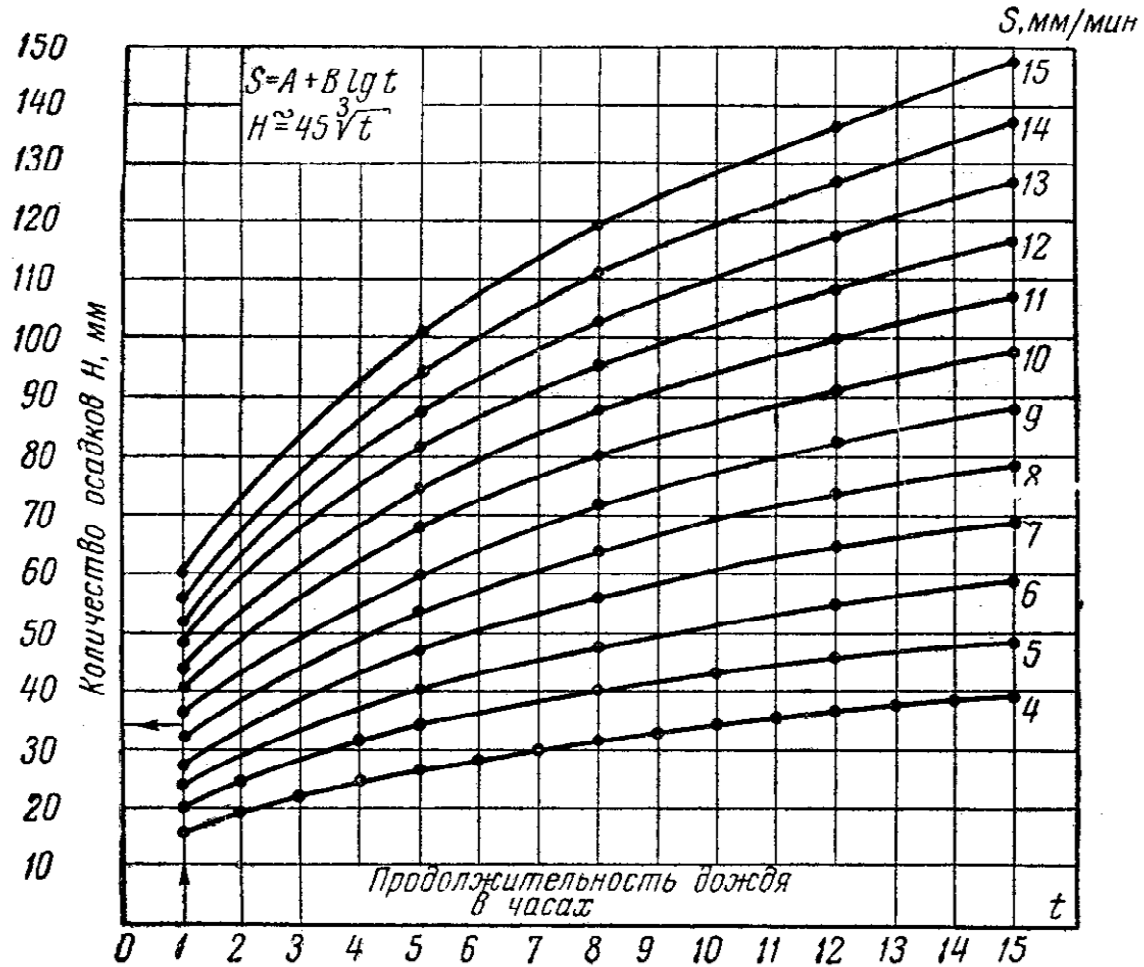


Рис. 10

Объем ливневого стока определяем по формуле

$$W_{л.с} = 1000 \sigma_2 HF,$$

где  $\sigma_2 = 0,1$  по табл. 16; при  $S=8,5$  мм/мин по табл. 5 и продолжительности осадков  $t = 1$  час из графика, на рис. 12, находим  $H = S \sqrt[3]{60 \cdot t} = 8,5 \sqrt[3]{60 \cdot 1} = 34$  мм.

$$W_{л.с 10\%} = 1000 \cdot 0,1 \cdot 34 \cdot 0,5 = 1700 \text{ м}^3.$$

Таблица 13

Значения коэффициентов  $K_p \%$

$C_v$	Обеспеченность $p \%$					
	1	10	25	50	75	100
1	2	3	4	5	6	7
0,40	2,16	1,54	1,23	0,95	0,71	0,66
0,45	2,33	1,60	1,25	0,93	0,67	0,62
0,50	2,51	1,67	1,28	0,92	0,63	0,51
0,55	2,70	1,74	1,29	0,90	0,59	0,53

Окончание табл. 13

1	2	3	4	5	6	7
0,60	2,89	1,80	1,31	0,88	0,56	0,50
0,65	3,09	1,87	1,33	0,87	0,52	0,46
0,70	3,29	1,94	1,34	0,85	0,49	0,42
0,75	3,50	2,00	1,36	0,82	0,45	0,39
0,80	3,71	2,06	1,37	0,80	0,42	0,35
0,85	3,93	2,13	1,37	0,77	0,38	0,32
0,90	4,15	2,19	1,38	0,75	0,35	0,28

Таблица 14

Приближенные значения коэффициента стока  $\sigma_2$   
при дождевых паводках разной обеспеченности

Географические зоны	Обеспеченность, p %			
	1	5	10	50
Лесная	0,20	0,09	0,07	0,04
Лесостепная	0,25	0,12	0,10	0,07
Степная	0,30	0,17	0,15	0,10
Полупустынная и пустынная	0,35	0,27	0,20	0,10

Максимальный секундный расход при ливне продолжительностью  $t = 1$  час будет равен:

$$Q_{л.с 10\%} = \frac{0,28\sigma_2 HF}{t} = \frac{0,28 \cdot 0,1 \cdot 34 \cdot 0,5}{1} = 0,47 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определение длины канав с валами. Приняв размеры канав с валами по рис. 2, вычисляем объем воды, задерживаемой 1 пог. м:

$$W = \frac{1}{2} \left[ (a + b) \cdot h + \frac{h_2^2}{i} + m_2 h_2^2 \right] \cdot 1 = \frac{1}{2} \left[ (3 + 0,5) \cdot 1 + \frac{0,75^2}{0,013} + 1,5 \cdot 0,75^2 \right] = 23,8 \text{ м}^3.$$

Поскольку объем весеннего стока больше объема ливневого стока, требуемую длину водосборных канав с валами находим по формуле

$$L_1 = \frac{W_{в.с}}{W} = \frac{10000}{23,8} \cong 420 \text{ м}.$$

Из рис. 11 видно, что расстояние между водораздельными линиями примерно равно 220 м, поэтому принимаем две линии канав с валами длиной по 210 м каждая.

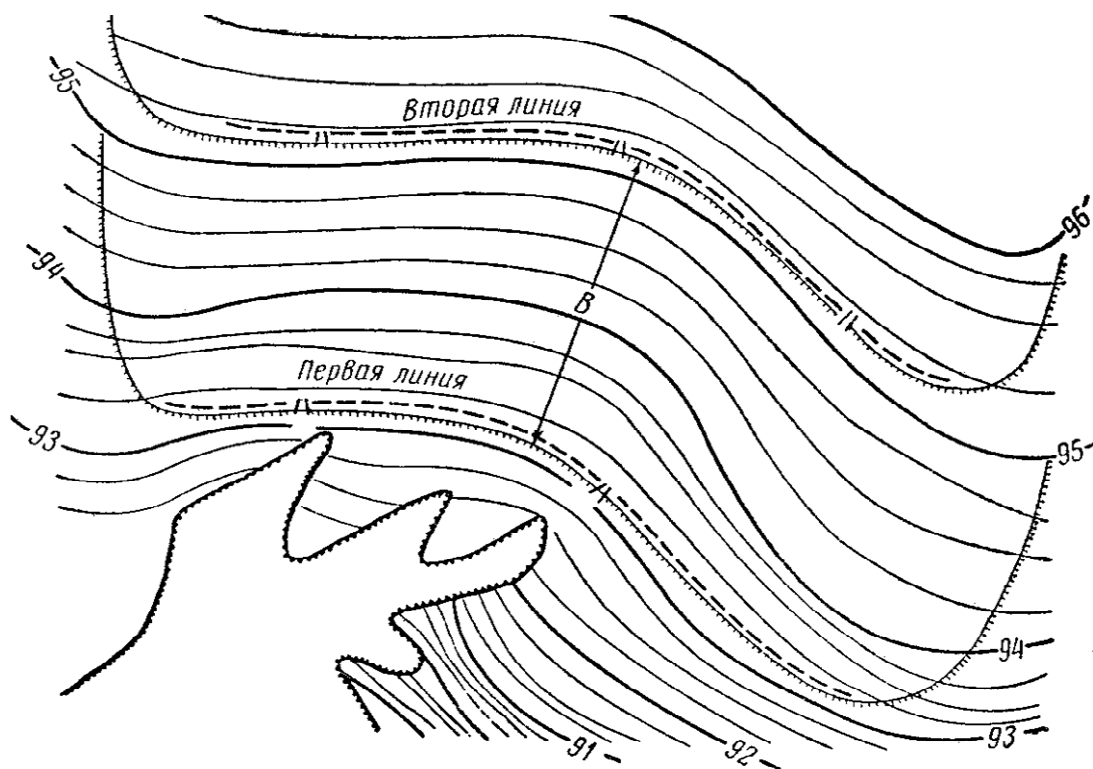


Рис. 11

Первую линию канав с валами проектируем на расстоянии 10 м от вершины оврага. Расстояние между первой и второй линией валов находим по формуле:

$$B = \frac{h_1}{i} = \frac{1,0}{0,013} \cong 80 \text{ м.}$$

Объем воды, задерживаемой между первой и второй линией канав с валами, составит:

$$W = 210 \cdot 23,8 = 5000 \text{ м}^3.$$

Этот объем воды должен быть сброшен через водосливы, запроектированные во второй линии валов.

Для пропуска весеннего расхода 10 % обеспеченности во второй линии валов запроектированы три водослива. Расход каждого водослива соответственно будет равен  $\frac{0,78}{3} = 0,26 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Напор на пороге водослива находим по формуле

$$H = 0,42v^2,$$

где  $v$  – скорость на пороге водослива, укрепленного свежим дерном плашмя. По табл. 2  $v = 0,66 \text{ м/с}$ .

$$H = 0,42(0,66)^2 \cong 0,19,$$



Ширина порога водослива соответственно будет равна:

$$b = 0,65 \sqrt{\frac{Q^2}{H^3}} = 0,65 \sqrt{\frac{(0,26)^2}{(0,19)^3}} = 2 \text{ м.}$$

Т а б л и ц а 15

Значения мгновенной интенсивности ливня  $S$  при 1 и 10 % обеспеченности для некоторых пунктов

Название пункта	Мгновенная интенсивность ливня $S$ мм/мин при обеспеченности	
	1 %	10 %
Вологда	9,1	6,2
Воронеж	14,7	9,8
Нижний Новгород	11,7	7,9
Иркутск	8,2	5,3
Киров	10,8	7,3
Курск	13,0	8,5
Москва	12,2	8,4
Новосибирск	8,0	5,6
Екатеринбург	9,4	6,3

В первой линии валов запроектированы также два запасных водослива на случай, если весенний или ливневый сток окажется больше расчетных. На склоне оврага ниже этих водосливов и в его вершинах должны быть устроены плетневые крепления для предупреждения размыва.

Уточняем, насколько сократится длина водосборных канав, если в них будет сделано 36 перемычек длиной по 6 м каждая, и определяем, насколько при этом уменьшится объем задержанной воды:

$$W_1 = \left(\frac{a+b}{2}\right) h c n = \left(\frac{3+0,5}{2}\right) 1 \cdot 6 \cdot 36 = 380 \text{ м}^3.$$

Следовательно, при устройстве перемычек в канавах будет фактически задержано не 10 000 м<sup>3</sup>, а 9620 м<sup>3</sup> воды и рабочая длина канав с валами будет равна:

$$L = \frac{9620}{23,8} = 405 \text{ м.}$$

#### Рекомендуемые источники информации:

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник.– М.: Колос, 2000. – 96 с.
3. Тараканов О.В, Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».

## Тема 5. ОСУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

### **Вопросы для обсуждения:**

1. Осушение земель.
2. Значение осушения для отраслей народного хозяйства.
3. Режим осушения.
4. Норма осушения.
5. Методы осушения.
6. Способы осушения.
7. Осушительная система и ее элементы.
8. Осушение болот открытыми каналами.
9. Осушение болот дренажем.
10. Комбинированное осушение болот.

### **Доклады по темам:**

1. Осушительные мероприятия на переувлажненных участках.
2. Осушение городских территорий для целей строительства.
3. Виды болот, их использование.
4. Торфяники.
5. Проблемы опустынивания.

### **Рекомендуемые источники информации:**

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник.– М.: Колос, 2000. – 96 с.
3. Тараканов О.В, Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».

## Тема 6. АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ. БОРЬБА С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВЫ

### Вопросы для обсуждения:

1. Агролесомелиорация.
2. Значение агролесомелиорации для народного хозяйства и окружающей среды.
3. Виды агролесомелиорации.
4. Основные элементы агролесомелиорации.
5. Лесные полосы.
6. Функции лесных насаждений.
7. Основные лесомелиоративные противоэрозионные мероприятия.
8. Эрозия почв.
9. Способы защиты от эрозии.
10. Категории земель, в разной степени подверженных воздействию водной эрозии.

### Доклады по темам:

1. Состояние агролесомелиорации в России.
2. Фитомелиорация как комплекс мероприятий по улучшению условий природной среды.
3. Фитомелиоративные приемы восстановления плодородия почвы.
4. Меры предупреждения развития водной эрозии.
5. Меры предупреждения развития ветровой эрозии.

### *Характеристика участка, подверженного водной эрозии почвы*

На пологих склонах с уклоном поверхности от 0,02 до 0,12, с легко или среднепроницаемой почвой и в районах с небольшими паводками строят гребневые террасы с горизонтальным валом. Вал проектируют параллельно горизонталям местности. Высота вала находится в пределах от 0,25 до 0,4 м, заложение откосов 3–4, ширина основания 2–4 м. Валы получаются низкие, широкие и пологие. Они не препятствуют движению сельскохозяйственных машин и не повреждаются стекающей водой.

На тяжелых почвах, характеризующихся низкой водопроницаемостью, а, следовательно, и большим коэффициентом поверхностного стока, вода скапливается у нижнего вала и может вызвать заболачивание почвы при больших паводках. Поэтому возникает необходимость придать ему небольшой уклон – до 0,005 для стока воды с террасы, то есть в этом случае строят гребневые террасы с наклонным валом. Ширину террасы устанавливают из расчета, чтобы вся вода могла стечь с нее до прекращения ливня, не переливаясь через валик и не размывая своего русла. Ширина таких террас колеблется от 18 до 38 м для суглинков и от 22 до 50 м для супесча-

ных почв. На склонах с уклоном от 0,12 до 0,25 проектируют ступенчатые террасы, на которых, кроме устройства оградительных валиков, проводят уменьшение уклона на самой террасе, срезая почву в верхней половине террасы и насыпая ее на нижнюю. Уклон поверхности террасы уменьшают до величины, безопасной в отношении смыва почвы. Предельную величину срезки почвы устанавливают с таким расчетом, чтобы мощность гумусового слоя после срезки была не менее 10 – 15 см. Валики на этих террасах выше и круче, с заложением откосов от 0,25 до 0,75. Если почвенный слой большой, то уклон поверхности внутри террасы может быть нулевым. Такие террасы называют *ступенчатыми горизонтальными*. Если уклон поверхности террасы колеблется от 0 до 0,12, то такие террасы называют *ступенчатыми наклонными*.

На склонах с уклоном более 0,25 для использования их под сады устраивают траншейные террасы. Для этого в направлении горизонталей местности на расстоянии, равном междурядью деревьев, отрывают траншеи, причем верхний гумусовый слой укладывают на верховую, а подпочвенный на низовую сторону траншеи, формируя из него оградительный вал. Слоем почвы, уложенным с верховой стороны и срезанным с поверхности террасы, засыпают траншею и высаживают в нее деревья. Таким образом, весь гумусовый слой почвы полезно используется культурой.

Основные показатели различного типа террас представлены в табл. 16.

На участке, план которого приведен на рисунке 1, поверхность склона покрыта суглинистой почвой, подстилаемой хорошо водопроницаемой подпочвой. Рельеф участка спокойный. В данном районе интенсивность ливневых дождей  $I = 30$  мм/ч, максимальная продолжительность ливня  $T = 1$  ч. Для сельскохозяйственного освоения и использования склона необходимо запроектировать террасы и разместить их на склоне оврага, подобрать соответствующие культуры для выращивания на этих, террасах.

Т а б л и ц а 16

Предельные значения элементов террасы

Тип террасы	Уклон местности $i$	Высота вала $h$ , м	Ширина основания вала $b$ , м	Коэффициенты заложения откосов валов $\varphi$	Высота террасы $H$ , м
Гребенчатая с горизонтальным валом	0,03–0,12	0,24–0,42	2–4	3–4	0,8–1,5
Гребенчатая с наклонным валом	0,05–0,18	0,15–0,30	6–9	3–4	0,9–2,4
Ступенчатая горизонтальная	0,12–0,20	0,15–0,30	0,6	0,2–0,5	0,9–1,8
Ступенчатая наклонная	0,15–0,25	0,30–0,50	0,9–1	0,2–0,5	1–3

### *Выбор типа террас*

С учетом смыва почвы намечают границы участков склона с различными уклонами – на первом участке (рис. 8)  $ab$  с длиной склона 225 м  $i=0,16$ , на втором  $bc$  с длиной склона 900 м  $i=0,04$ .

На участке  $ab$  можно построить ступенчатые террасы, но участок неудобен по форме и очень мал по площади – 5 га. Поэтому отделяем его от участка  $bc$  нагорным каналом, который в пределах участка имеет длину 1600 м, а общая его длина до оврага 1800 м. По дну оврага проектируют ливнесбросной. На откосах оврага и на участке  $ab$  сажают лесозащитную полосу.

Уклон участка  $bc$  площадью 80 га не превышает 0,12, почва средней, а подпочва хорошей водопроницаемости, рельеф спокойный, поэтому строим гребневые террасы с валом параллельно горизонталям местности и без канав (табл. 16).

### *Расчет параметров террасы*

Земляные валы, ограждающие террасу, в сечении имеют форму равнобедренного треугольника. Опытным путем установлены наиболее рациональные размеры валов: высота общая  $h_0 = 0,4 - 0,5$  м, рабочая  $h = 0,3 - 0,5$  м; ширина подошвы вала  $b=(8-10)h_0$ ; коэффициент заложения откосов  $\varphi = 3 - 4$ . Так как уклон местности участка находится в оптимальных пределах, то принимаем  $h_0=0,4$  м,  $\varphi=4$ ,  $b= 3,2$  м (рис. 12),  $h_{ст}=0,03$  м.

Ширину террасы  $l_T$  (м) рассчитывают по формуле

$$l_T = \frac{h_0}{2\sigma h_{ст}} \left( \frac{b}{2} + \frac{h_0}{i} \right),$$

где  $h_0$  – высота вала, м;

$\sigma$  – коэффициент поверхностного стока;

$h_{ст}$  – слой стока, м;

$i$  – уклон склона.

По прил. 1 для  $i = 0,04$  коэффициент поверхностного стока  $\sigma$  для суглинистой почвы, подстилаемой хорошо водопроницаемым грунтом, будет равен 64 %. Так как склон после террасирования будет распахан, то коэффициент стока его существенно уменьшится за счет увеличения поглощения воды почвой. При глубокой вспашке  $\sigma$  рекомендуют уменьшать на 5 – 10 %. Расчетный коэффициент  $\sigma=0,58$ . Подставляя цифровые значения величин в формулу, получим:

$$l_T = \frac{0,4}{2 \cdot 0,58 \cdot 0,03} \left( \frac{3,2}{2} + \frac{0,4}{0,04} \right) = 133 \text{ м.}$$

Зная длину террасируемого склона  $l_{bc}$  (рис. 12) и ширину одиночной террасы  $l_T$ , можно легко установить число террас  $n_T$ :

$$n_T = \frac{l_{bc}}{l_T} = \frac{900}{133} = 6,7.$$

Принимаем  $n_T = 7$  и уточняем ширину террасы склона:

$$l_T = \frac{900}{7} = 128 \text{ м.}$$

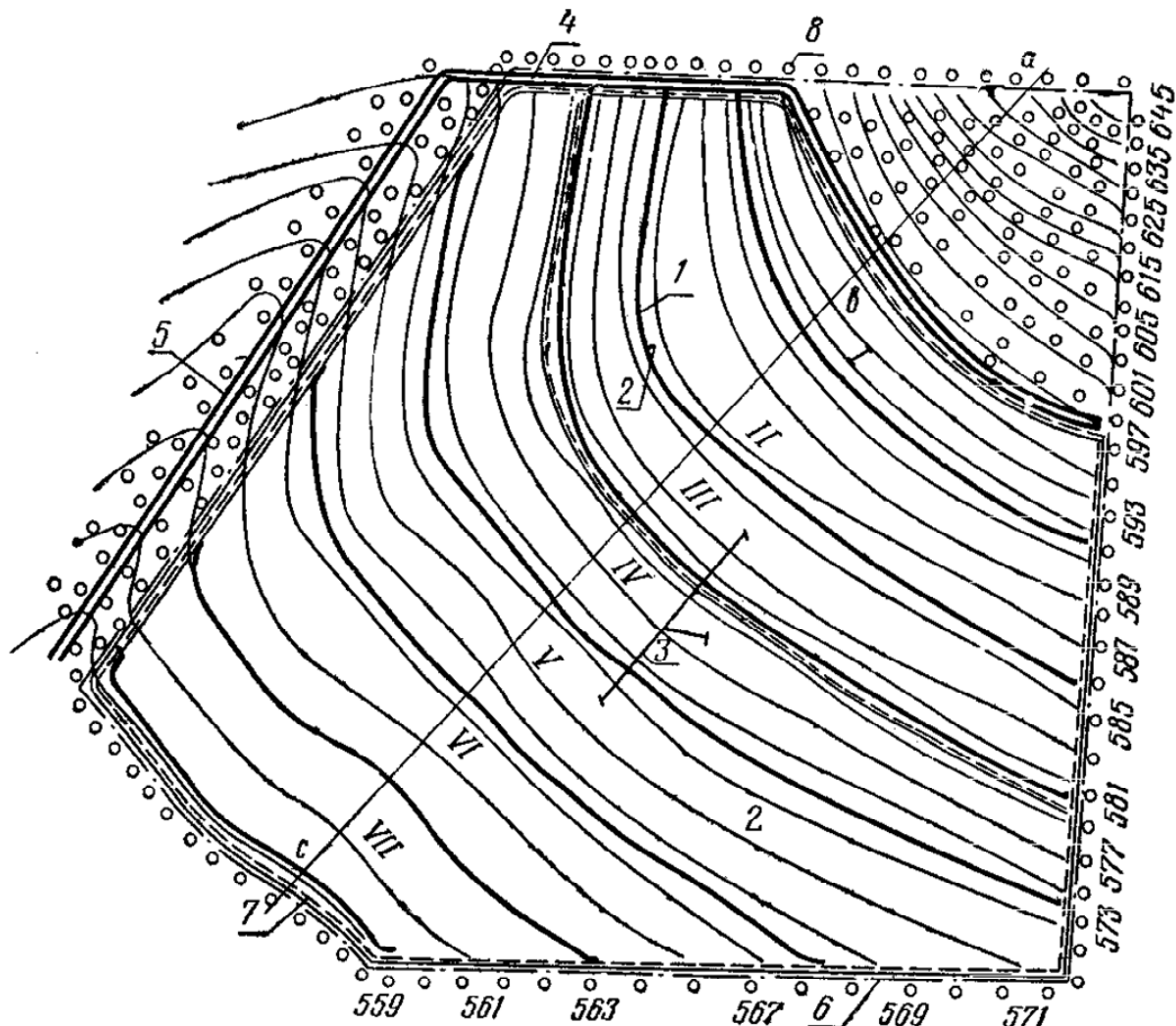


Рис. 12. План террасированного склона:

- 1 – вал гребенчатой террасы; 2 – шпора; 3 – терраса; 4 – нагорный канал;  
5 – ливнесброс, 6 – граница участка; 7 – дорога, 8 – лесная полоса

#### *Расположение террас на плане*

Земляные валы гребенчатых террас с горизонтальным валом на план наносят ломаными линиями приблизительно параллельно горизонталям местности. Длину террас берут во всю ширину участка (рис. 13).

Первый вал самой нижней террасы наносят цветной тушью или цветным карандашом приблизительно параллельно горизонталям 559 у границ участка вал оканчивается шпорой (см. рис 13). По линии *abc* через 128 м (в масштабе 1:5 000 через 2,56 см) также параллельно горизонталям местности наносят остальные шесть валов. Каждый вал по границам участка заканчивают шпорой, (концевой шпорой). Для продолжения срока службы

валов и предохранения их от разрушения при сильных (хотя и очень редких) ливнях террасу обычно делят на отдельные участки разделительными шпорами (валами). Конструкция шпор такая же, как и валов. Длина шпоры равна длине прудка воды у вала:

$$l_{ш} = \frac{b}{2} + \frac{h_0}{i} = \frac{3,2}{2} + \frac{0,4}{0,04} = 11,6 \text{ м.}$$

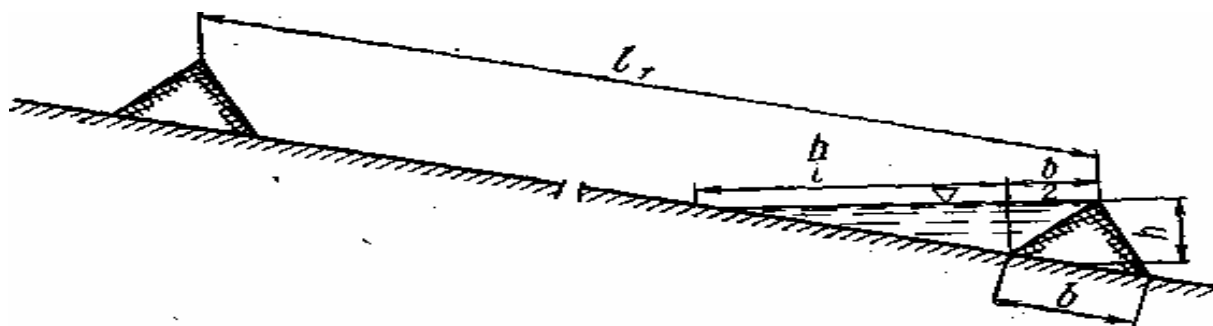


Рис. 13. Схема для определения длины террасы

Разделительные шпоры устраивают через 200–400 м, в зависимости от длины террасы  $l$ . Суммарную длину валов определяют по плану,  $\Sigma l = 5400$  м. Зная длину одной шпоры  $l_{ш}$  (м) и число шпор  $n_{ш}$ , можно определить длину всех шпор:

$$\Sigma l_{ш} = n_{ш} l_{ш} = 33 \cdot 11,6 = 383 \text{ м.}$$

#### Рекомендуемые источники информации:

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник.– М.: Колос, 2000. – 96 с.
3. Тараканов О.В, Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».

## Тема 7. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

### Вопросы для обсуждения:

1. Культуртехническая мелиорация земель.
2. Работы в составе культуртехнической мелиорации.
3. Культуртехнические карты.
4. Освобождение земель от древесно-кустарниковой растительности, древесины, камней.
5. Освобождение земель от кочек и мха.
6. Освобождение земель камней.
7. Планировка земель.
8. Первичная обработка почв.
9. Особенности сорняков.
10. Борьба с сорняками.

### Доклады по темам:

1. Значение культуртехнической мелиорации для сельского хозяйства.
2. Использование сидератов в севооборотах.
3. Введение залесенных земель в сельскохозяйственный оборот.
4. Подбор техники и технологии для культуртехнической мелиорации.
5. Сочетание культуртехнической мелиорации с другими типами мелиорации земель.

### Рекомендуемые источники информации:

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник.– М.: Колос, 2000. – 96 с.
3. Тараканов О.В, Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».



## Тема 8. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

### Вопросы для обсуждения:

1. Химическая мелиорация земель.
2. Известкование кислых почв.
3. Отношение культур к почвенной кислотности.
4. Нейтрализация почвенной кислотности.
5. Солонцы.
6. Борьба с солонцами.
7. Кислование почв.
8. Гипсование почв.
9. Минеральные и органические удобрения.
10. Гербициды.

### Доклады по темам:

1. Состояние химической мелиорации в России: проблемы и перспективы.
2. Значение химической мелиорации для сельского хозяйства.
3. Повышение эффективности химической мелиорации.
4. Химическая мелиорация засоленных земель.
5. Нарушенные земли и их классификация.

### Рекомендуемые источники информации:

1. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.
2. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник.– М.: Колос, 2000. – 96 с.
3. Тараканов О.В, Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
4. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель».

## Тема 9. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

В результате добычи полезных ископаемых и торфа открытым способом и складирования отходов промышленного производства значительные площади сельскохозяйственных и лесных угодий изымаются из хозяйственного использования. Эти земли пустуют, зарастают сорняками, служат источником загрязнения воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод. Одним из средств восстановления ландшафтов, нарушенных добычей нерудных ископаемых и выработанных торфяных месторождений, а также улучшения санитарно-гигиенических условий природной среды являются рекультивационные мероприятия.

Рекультивируемые земли могут быть использованы для создания продуктивных сельскохозяйственных угодий, лесов, водоемов различного назначения, объектов отдыха и санитарных зон, мест застройки, а также использованы как консерванты нарушенных земель, оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду.

Земельные участки, рекультивируемые для использования в сельском хозяйстве, должны быть спланированы, покрыты плодородным слоем почвы, но мощностью не менее чем на смежных площадях аналогичных видов угодий, быть удобными для выполнения сельскохозяйственных работ с применением современных машин, иметь уровень грунтовых вод, обеспечивающий оптимальные условия для произрастания растений.

Выполнение работ по рекультивации осуществляется в соответствии с утвержденными проектами. При этом устанавливается следующая очередность:

- а) подготовительные и полевые работы;
- б) топографические и почвенно-обследовательские работы;
- в) проектные работы и изготовление документов.

По результатам изысканий составляется акт (прил. 8) и дается характеристика нарушенных земель (прил. 9).

На основании материалов изысканий разрабатывается задание на проектирование (прил. 10), которое утверждается руководителем.

Топографические и почвенно-обследовательские работы выполняются с целью получения на участки нарушенных и примыкающих к ним земель доброкачественной топографической основы, а также для материалов почвенно-грунтового обследования.

В заключении по этим видам работ указываются местоположение и площадь объекта обследования, природные особенности территории, определяющие условия рекультивации земель, дается характеристика морфологических, физико-химических свойств почв, пород, их смесей и реко-

мендации по приведению нарушенной территории в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

В рекомендациях отражаются целесообразность нанесения плодородного слоя почв или потенциально плодородных пород на поверхность нарушенных земель с учетом их дальнейшего хозяйственного использования, виды основных сельскохозяйственных культур, агротехника возделывания в период биологической рекультивации и хозяйственное использование рекультивируемых земель, прогноз уровня их продуктивности.

В состав проектных работ входят:

- а) разработка технологии работ по рекультивации нарушенных земель;
- б) определение объемов работ;
- в) составление сметной документации.

В соответствии с заданием на проектирование, с учетом материалов изысканий и обследований, наличия машин и механизмов у строительной организации и т.д., разрабатывается технология работ (прил.11).

При вовлечении рекультивируемых карьеров в сельскохозяйственное использование их откосы выполаживают. Обычно ставится требование, чтобы уклон спланированной поверхности не превышал  $4^\circ$  и не было замкнутых понижений при засыпке карьера, иначе будет застаиваться вода. Перед засыпкой карьера с прилегающих площадей сдвигается пахотный слой и складывается вне зоны работ. Затем бульдозером срезают грунт, перемещают его в карьер с последующим разравниванием и уплотнением. После этого перевозят снятый плодородный слой в карьер и разравнивают его. Если перед вскрытием карьера плодородный слой не был сохранен, то его привозят с других участков или заменяют торфом с ближайших торфоучастков.

В зависимости от вида нарушения почвенного покрова и намечаемых мероприятий по приведению нарушенных земель в состояние, пригодное для использования в сельском хозяйстве, подбирают метод определения объемов работ по рекультивации. Так, при значительном преобразовании естественных форм рельефа на больших площадях разрабатывается проект вертикальной планировки. Основой для разработки вертикальной планировки служат топографические планы масштабов 1:5000–1:500. Проект вертикальной планировки предусматривает изменением форм и уклонов естественной поверхности земли, что отображается на карте проектными горизонталями. Масштаб топографической карты, степень точности и подробности изображения на карте естественного рельефа должны позволять выбрать на ней с достаточной точностью наиболее целесообразное положение проектных поверхностей в отношении как уклонов, так и объема земляных работ, связанных с вертикальной планировкой.

При составлении проекта вертикальной планировки естественную поверхность называют *фактической*, а преобразованную – *проектной*, которые характеризуются соответственно фактическими и проектными отмет-

ками. Разность между проектной и фактической отметкой называется *рабочей отметкой*. Положительные рабочие отметки характеризуют высоту насыпи, а отрицательные – глубину выемки. Точка, для которой рабочая отметка равна нулю, называется *точкой нулевых работ*. Геометрическое место этих точек образует линию нулевых работ. Фактическая поверхность показывается черными горизонталями, проектная – красными, линия нулевых работ – синим цветом. Насыпи обычно закрашиваются красным цветом, выемки – желтым со штриховкой.

Приведем сущность первого способа и методику его проектирования.

1. С плана-оригинала снимается копия на кальку черной тушью (рис. 14). Калька накладывается на миллиметровку и ориентируется так, чтобы направление линий располагалось вдоль и поперек карьера, после чего на кальку переносится сетка квадратов (в карандаше) со стороной 20–40 м в натуре.

2. Строятся характерные профили по линиям сетки, расположенным вдоль карьера, и все поперечные профили. Для построения профилей используются отметки горизонталей. Горизонтальный масштаб профиля принимается равным масштабу плана, а вертикальный – в 5–10 раз крупнее. Профили вычерчиваются тушью. В рассматриваемом примере ограничили одним продольным (рис. 15) и девятью поперечными профилями.

3. На поперечном профиле, расположенном примерно посередине карьера, намечается предварительно проектная линия с условием минимума и баланса земляных масс. Для этого откосы проектируются с максимально допустимыми уклонами (не более 4°). Чтобы ускорить работу, целесообразно заготовить шаблон, построив на прозрачной основе линии с максимально допустимыми уклонами. Для соблюдения баланса земляных масс сравниваются площади сечений срезов и подсыпок. Площади можно вычислять планиметром, палетками или другими способами. В данном случае удобен способ точечной палетки. При построении профилей в крупном масштабе в качестве точек можно использовать вершины квадратов миллиметровки со стороной 5 мм.

На профиле можно выписывать площади сечений или сразу объемы земляных масс. Последние найдутся из соотношения:

$$V = \frac{M_{\Gamma} M_{\text{В}} l \cdot S}{10000},$$

где  $M_{\Gamma}$  и  $M_{\text{В}}$  – знаменатели горизонтального и вертикального масштабов профиля;

$l$  – расстояние между профилями в натуре, м;

$S$  – площадь сечения насыпи или выемки на профиле, см<sup>2</sup>.

При определении площадей точечной палеткой с ценой точки 0,25 см<sup>2</sup> для  $M_{\Gamma} = 5000$ ,  $M_{\text{В}} = 100$  и  $l = 20$  м получим рабочую формулу

$$V = 25 \times n,$$

где  $n$  – число точек на профиле в насыпи или выемке.

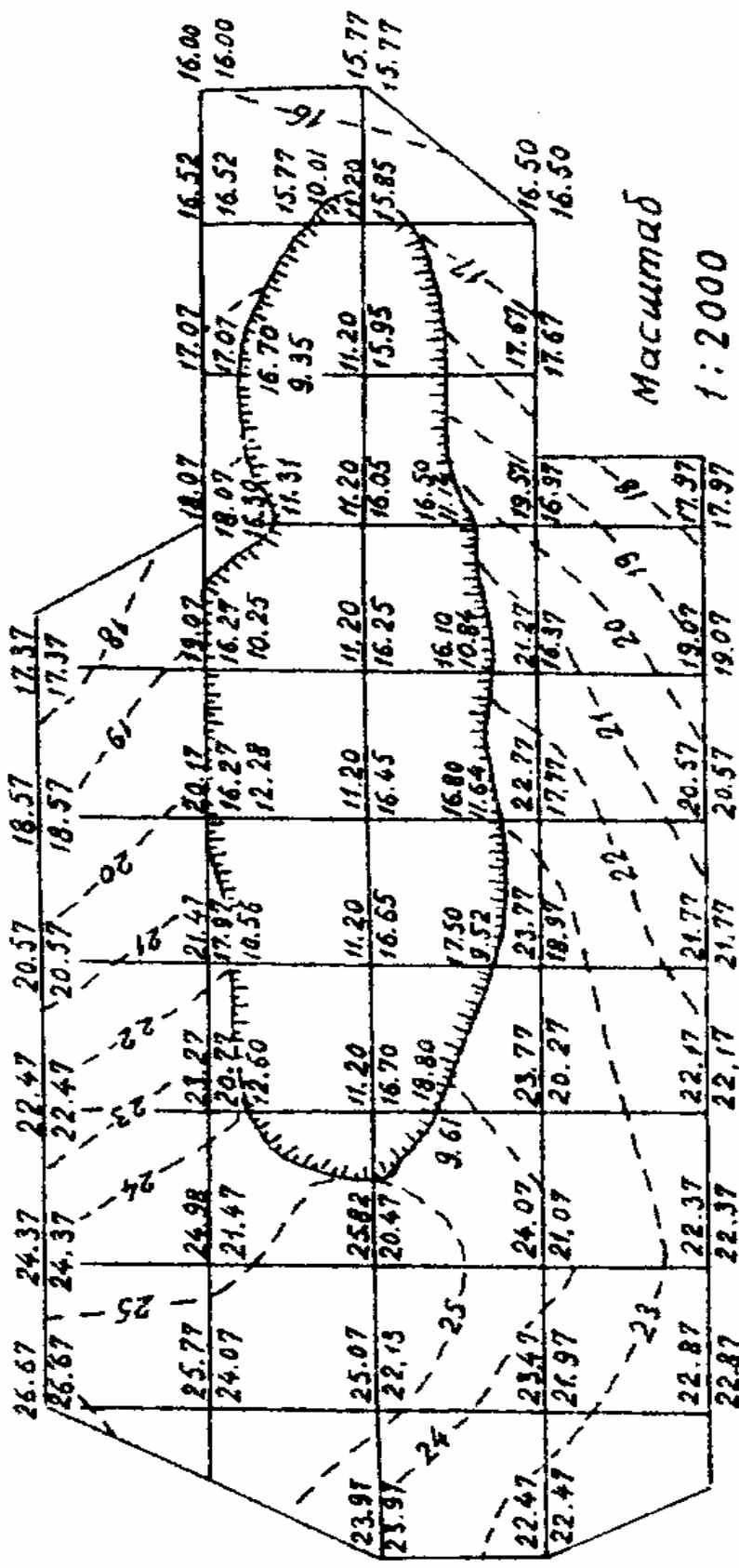


Рис. 14. План карьера

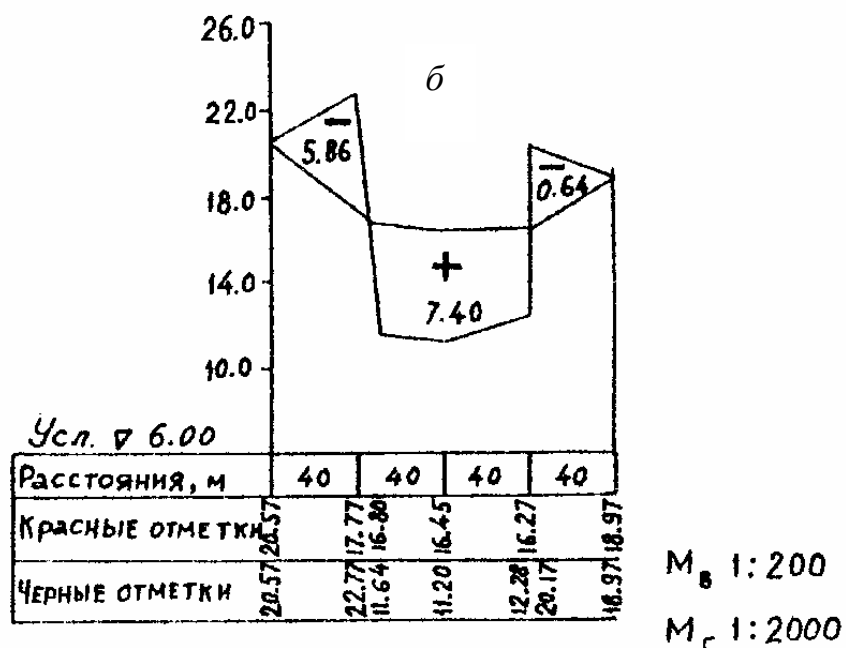
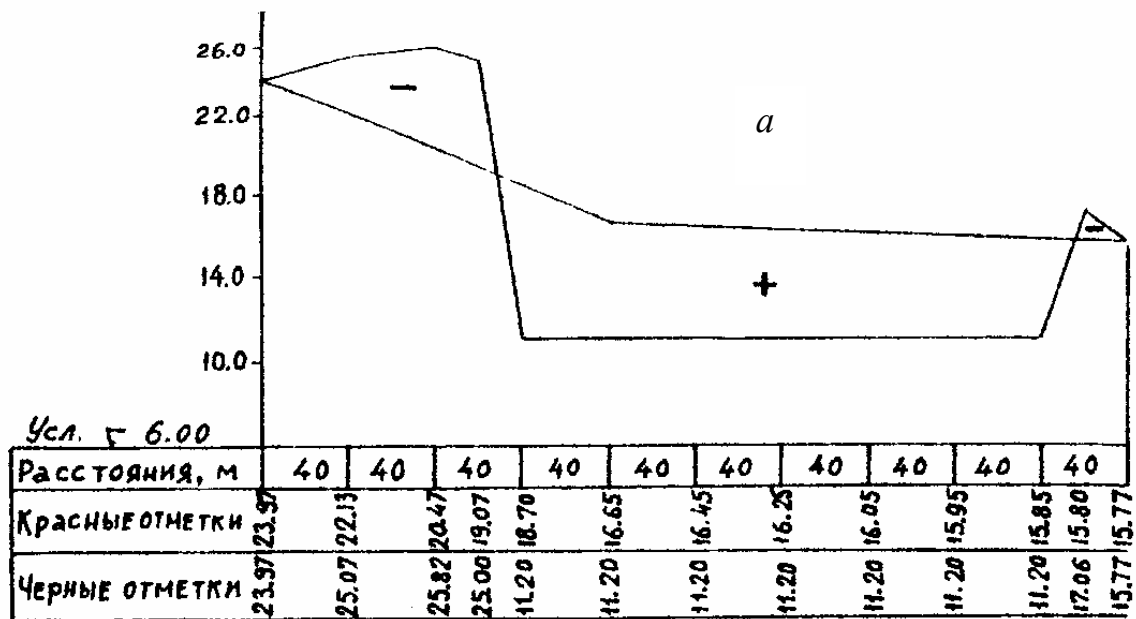


Рис.15. Продольный а и поперечный б профили карьера

В результате будут найдены объемы земляных тел, расположенных симметрично относительно поперечного профиля, т.е. профиль будет обслуживать полосу по 10 м в ту и другую сторону.

В рассматриваемом примере  $M_{Г} = 2000$ ,  $M_{В} = 200$ ,  $l = 40$  м. Поэтому рабочая формула для определения объемов земляных масс будет иметь вид:

$$V = 1600 \times S, \text{ м}^3.$$

4. Наносится предварительная проектная линия на характерном продольном профиле с учетом соблюдения максимальных и минимальных уклонов, минимума земляных масс в срезке, а также проектной отметки, которая уже получена на среднем поперечном профиле (см. рис. 15).

5. Наносятся проектные линии на всех поперечных профилях с соблюдением предельных уклонов и с учетом проектных отметок на продольном профиле. Начинают проектирование от среднего поперечного профиля к краям, нанося проектную линию с соблюдением баланса масс (засыпка карьера предусматривается только с боков). Затем переходят на крайние профили и продвигаются к середине. На самых крайних профилях, как правило, будет срезка. Для соблюдения общего баланса этот объем срезки необходимо учитывать при проектировании следующих профилей, увеличивая соответственно объем насыпей.

6. Производится окончательное сравнение суммарных площадей сечений или объемов срезов и насыпей. При необходимости вносятся изменения в проект.

7. Отмечается на профилях положение проектных горизонталей, переносится на топографический план (кальку) и по этим точкам проводятся проектные горизонталы (рис. 16).

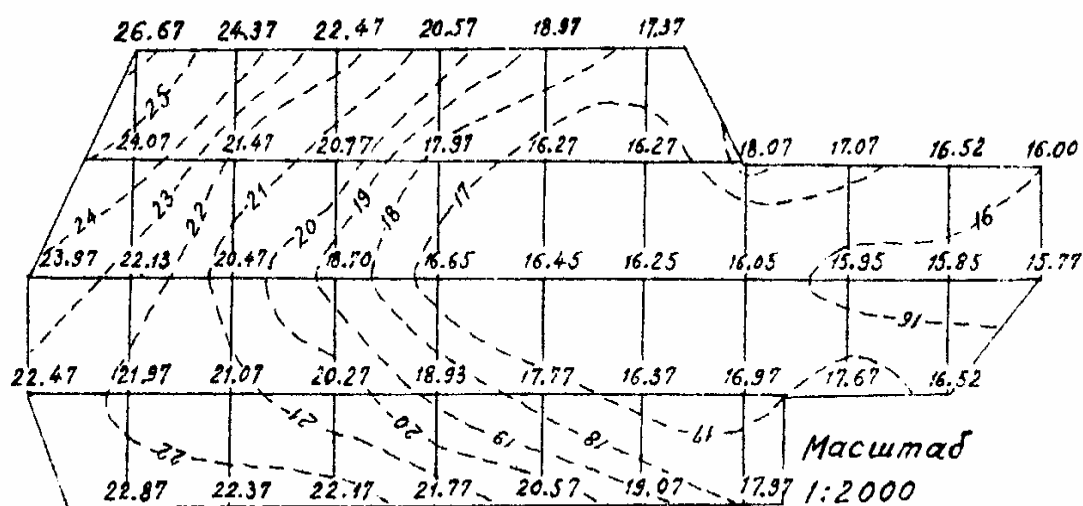


Рис. 16. План организации рельефа

8. На основании полученных данных строится картограмма земельных масс (рис. 17) и составляется проект технической рекультивации карьера (рис. 18). На картограмме показываються границы срезов и насыпей в пределах отдельных 20-метровых полос, объемы срезов или насыпей в каждой зоне, направление и объемы перемещения грунта. Объемы земляных работ записываются в кружках, центры которых совпадают с центрами тяжести зон. Чертеж составляется в масштабе проектного плана, что позволяет определить расстояние перемещения грунта графически. Здесь целесообразно показать площади зон срезов, с которых будет предварительно сдвигаться пахотный слой.

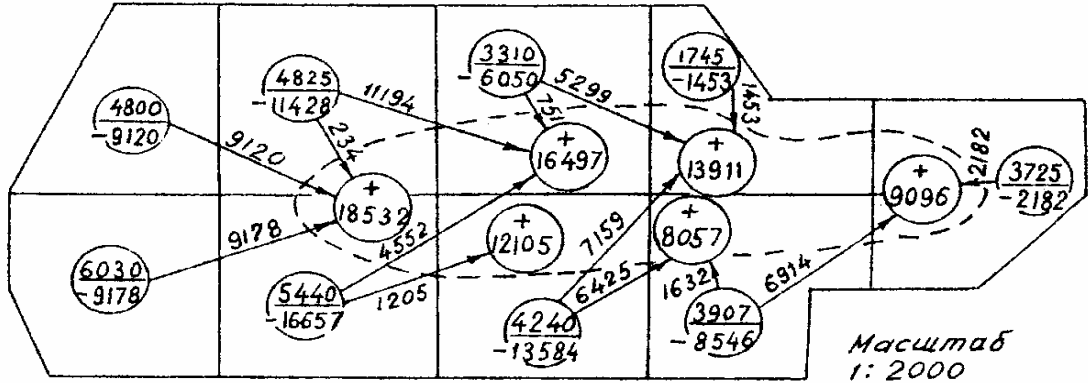


Рис. 17. Картограмма земельных работ

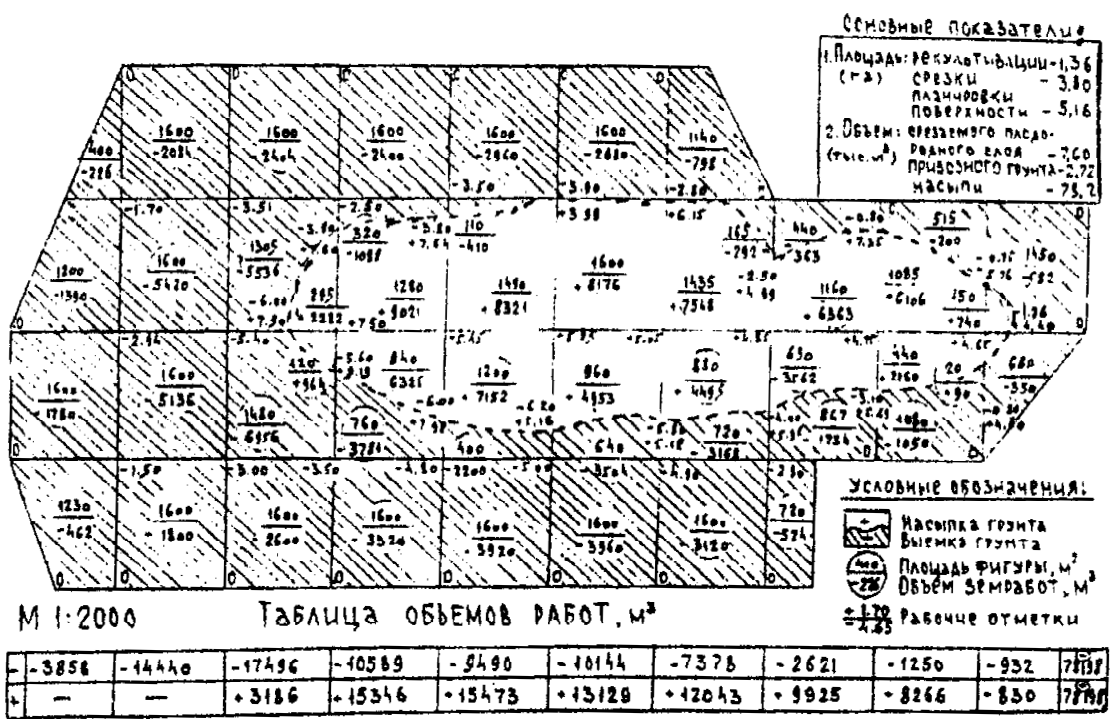


Рис. 18. Проект рекультивации карьера



9. Перед началом строительных работ проекты рекультивации выносят в натуру, а в целях контроля за правильностью их осуществления делают исполнительные съемки. Вынос в натуру сетки квадратов и проектных отметок производится от точек геодезического обоснования. Для этих целей составляется разбивочный план с фактическими, проектными и рабочими отметками вершин квадратов, а также положением линий нулевых работ. На нем же показываются геодезические данные для выноса в натуру сетки квадратов.

Примерные схемы первичного освоения выработанных торфяников, рекультивируемых для сельскохозяйственного использования (лугов, пастбищ), включают: на низинных торфяниках, покрытых травянистой растительностью с хорошо разложившимся торфом – дискование, вспашка на глубину 30–35 см, дискование, планировка поверхности; на покрытых мелким кустарником – предварительное удаление растительности и дернины машинами глубокого фрезерования торфа, внесение извести и органических удобрений, отвальная вспашка на глубину 30–35 см, дискование и планировка.

Имеющийся опыт показывает, что для восстановления плодородия рекультивируемых земель при их дальнейшем использовании в сельском хозяйстве необходимо предусматривать следующую продолжительность биологической рекультивации:

- на рекультивируемых землях с нанесенным плодородным слоем почвы – 4–6 лет;
- на рекультивируемых землях, сложенных потенциально плодородными породами без нанесенного плодородного слоя почвы – 8–10 лет;
- на малопродуктивных угодьях с нанесенным плодородным слоем почвы – 2–3 года.

В ассортимент сельскохозяйственных культур, возделываемых в период биологической рекультивации, необходимо включать культуры, способствующие интенсивному окультуриванию земель: клевер, люцерну, люпин и т.д.

Выращивание пропашных культур и особенно корнеплодов в период освоения не допускается в связи с опасностью эрозии почв и относительно большим выносом питательных веществ.

Посевы зерновых культур на землях с нанесенным плодородным слоем почвы следует производить только после 3–4-летнего возделывания злаково-бобовых травосмесей.

Для восстановления плодородия нарушенных земель и стимулирования роста лесных культур рекультивируемую площадь в первый год засевают люпином однолетним (70 кг/га), а затем по междурядьям – люпином многолетним (20 кг/га).

Для посадки рекомендуются двухлетние хорошо развитые саженцы лесных культур 6670 шт./га (по схеме 1,0×1,5) из расчета 80 % хвойные поро-

ды (сосна, ель) и 20 % береза. Посадку культур рекомендуется производить ранней весной вслед за снеготаянием лесопосадочной машиной СБН-1А.

В процессе биологической рекультивации восстановление плодородия нарушенных земель до уровня не ниже среднего в зависимости от их характеристики (прил. 10) выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе «Культуртехнические работы».

Целесообразность осуществления мероприятий по освоению нарушенных земель и сельскохозяйственного их использования устанавливаются на основе определения общей (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений в рекультивацию и освоение земель:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{C} - I_{\text{СХ}} - I_{\text{М}}}{K_{\text{С}}},$$

где  $\mathcal{E}$  – коэффициент экономической эффективности;

$\mathcal{C}$  – стоимость сельскохозяйственной продукции, получаемой с рекультивируемых земель на расчетный год, руб.;

$I_{\text{СХ}}$  – сельскохозяйственные издержки на производство продукции, руб.;

$I_{\text{М}}$  – мелиоративные затраты на содержание и ремонт мелиоративных систем, руб.;

$K_{\text{С}}$  – совокупные капитальные вложения в мелиорацию, освоение рекультивируемых площадей и основные фонды растениеводства в расчете на вовлекаемые в сельскохозяйственный оборот площади.

Величина, обратная коэффициенту эффективности, представляет собой срок окупаемости совокупных капитальных вложений.

Капитальные вложения в рекультивацию нарушенных земель для сельскохозяйственного использования экономически оправданы, если коэффициент эффективности выше или равен, а срок окупаемости вкладываемых средств в рекультивацию ниже установленных по нормативам. Варианты технических решений и первоочередные, наиболее эффективные объекты рекультивации выбирают по минимуму приведенных затрат. Расчеты включают определение проектного уровня урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности сельскохозяйственных угодий, проектной себестоимости продукции мелиоративного земледелия с рекультивируемых земель, стоимости продукции.

Проектный уровень урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивность сельскохозяйственных угодий можно определять, исходя из возможных запасов продуктивной влаги в почве или из конкретных почвенных условий объекта, естественного плодородия почв, их агрохимических свойств и планируемых доз внесения органических и минеральных удобрений, по формуле:

$$U_{\text{п}} = 0,01(\text{Бп} \times \text{Цб} + \text{ДНПК} \times \text{О NPK} + \text{Доу} \times \text{Ооу}),$$

где  $U_{\text{п}}$  – прогнозируемый урожай, ц/га;

$\text{Бп}$  – балл пашни;

$\text{Цб}$  – цена балла пашни, кг/га;

ДНРК – доза минеральных удобрений в действующем веществе, кг/га;

О НРК – оплата минеральных удобрений, кг/га;

–

Доу – доза органических удобрений, т/га;

Ооу – оплата органических удобрений, кг/т.

Примечание: в приближенных расчетах 1 т органических удобрений приравнивается к 6 кг НРК.

Проектную себестоимость продукции земледелия рассчитывают на основании разрабатываемых технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур с учетом средних нормативов затрат труда, материально-технических средств и мелиоративных издержек.

Затраты на эксплуатационную планировку и другие агрономелиоративные мероприятия распределяют равномерно по годам с учетом эффективного действия каждого мероприятия.

Стоимость продукции земледелия с рекультивируемых земель рассчитывают исходя из общего объема ее производства в кормовых единицах и закупочной цены овса.

Фактическую экономическую эффективность рекультивируемых земель определяют на основании фактически сложившихся на объекте затрат, урожайности сельскохозяйственных культур, производственных затрат на их возделывание, а также мелиоративных издержек.

Стоимость основных производственных фондов растениеводства принимают как среднюю по хозяйству или группе хозяйств в расчете на вовлекаемые в сельскохозяйственный оборот площади. В связи с неустойчивой по отдельным годам урожайностью на рекультивируемых землях показатели эффективности определяют по результатам сельскохозяйственного производства на этих землях в среднем за 3 года.

#### **Рекомендуемые источники информации:**

1. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебник.– М.: Колос, 2000. – 96 с.

2. Тараканов О.В., Корягина Н.В., Поршакова А.Н. Мелиорация и рекультивация земель: учеб. пособие.– Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.

3. ГОСТ 17.5.1.01-83 (2002) Рекультивация земель. Термины и определения.

4. ГОСТ 17.5.3.04-83 (1986) Общие требования к рекультивации земель.

5. ГОСТ 17.5.1.02-85 Классификация нарушенных земель для рекультивации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 30.12.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016) [Текст].
2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 09.03.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 20.03.2016) [Текст].
3. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 30.12.2015) [Текст].
4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «Об охране окружающей среды» [Текст].
5. Федеральный закон от 10.01.1996 N 4-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «О мелиорации земель» [Текст].
6. Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 N 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» [Текст].
7. Приказ Минприроды РФ N 525, Роскомзема N 67 от 22.12.1995 «Об утверждении Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.07.1996 N 1136) [Текст].
8. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 22 октября 2012 г. N 558 «Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по предоставлению сведений, полученных в ходе осуществления учета мелиорированных земель» [Текст].
9. Агроклиматические ресурсы Пензенской области [Текст]. – Л.: Гидрометиздат, 1970. – 120 с.
10. Агроклиматический справочник по Пензенской области [Текст]. – М.: Агропромиздат, 1970.
11. Восстановление нарушенных земель [Текст] / П.Н.Гришин [и др.]. – Саратов: СГАУ, 2001. – 236 с.
12. Гавриленко Т.В. – URL: <http://road-project.okis.ru> 2014-05-30.
13. Ерхов, Н.С. Мелиорация земель [Текст]: учебник для студентов вузов по специальности «Землеустройство» / Н.С. Ерхов, Н.И. Ильин, В.С. Мисенев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 319 с.
14. Ерхов, Н.С. Сельскохозяйственные мелиорации и водоснабжение [Текст] / Н.С. Ерхов [и др.]. – М.: Колос, 1983.
15. Ерхов, Н.С. Практикум по сельскохозяйственной мелиорации и водоснабжению [Текст] / Н.С. Ерхов [и др.]. – М.: Колос, 1984.
16. Защитное лесоразведение [Текст] / под ред. Е.С. Павловского. – Агропромиздат, 1986. – 263 с.

17. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий [Текст]. – М.: Колос, 1979. – 46 с.
18. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий [Текст]. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
19. Колесниченко, М.В. Лесомелиорация с основами лесоводства [Текст] / М.В. Колесниченко. – М.: Колос, 1981. – 333 с.
20. Колпаков, В.В. Сельскохозяйственные мелиорации [Текст]: учебник для вузов / В.В. Колпаков, И.П. Сухарев. – М.: Колос, 1981. – 328 с.
21. Колпаков, В.В. Сельскохозяйственные мелиорации [Текст] / В.В. Колпаков, И.П. Сухарев. – М.: Колос, 1988.
22. Кузник, И.А. Противозерозионный комплекс в Поволжье [Текст] / И.А. Кузник, Н.Г. Воронин, Э.П. Дик. – Саратов, 1968. – 90 с.
23. Лагун, Т.Д. Практикум по мелиорации и рекультивации земель [Текст] / Т.Д., Лагун М.Т. Ковалев. – Горки, 2000.
24. Марков, Е.С. Практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям [Текст] / Е.С. Марков [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986.
25. Маслов, Б.С. Справочник по мелиорации [Текст] / Б.С. Маслов [и др.]. – М.: Росагропромиздат, 1989.
26. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение [Текст]: справочник / под ред. Б.Б.Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
27. Павловский, Е.С. Защитное лесоразведение в СССР [Текст] / Е.С. Павловский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.
28. Плюснин, И.И. Мелиоративное почвоведение [Текст] / И.И. Плюснин, А.И. Голованов. – М.: Колос, 1983. – 318 с.
29. Практикум по мелиорации и рекультивации земель [Текст]: учеб. пособие / сост. Н.С.Ерхов, Л.П. Козочкина, Т.П. Порядина. – М.: Изд-во ГУЗ, 2000.
30. Проездов, П.Н. Противозерозионные гидротехнические сооружения [Текст] / П.Н. Проездов. – Саратов. СГАУ, 2001. – 210 с.
31. Проектирование орошаемого участка [Текст]: метод. указания к составлению курсовой работы по мелиоративному земледелию для студентов СХИ / сост. А.П.Кубанцев, Л.А. Серова. – Саратов, СГАУ, 2001. – 84 с.
32. Справочник агролесомелиоратора [Текст] / под ред. Г.Я. Маттиса. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 248 с.
33. Тараканов, О.В. Мелиорация и рекультивация земель [Текст]: учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений / О.В. Тараканов, Н.В. Корягина, А.Н. Поршакова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 148 с.
34. Черемисинов, А.Ю. Рекультивация нарушенных земель [Текст]: учеб. пособие / А.Ю. Черемисинов, А.И. Ревенков, С.П. Бурлаков. – М.: 2000. – 80 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

### Метеорологические показатели по метеостанциям Пензенской области

Показатели	Апрель		Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь	
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>НАРОВЧАТ</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	2,6	3,7	5,2	6,5	7,7	8,7	9,2	9,2	8,4	7,7	7,3	7,3	7,3	7,0	6,1	4,3
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	4,1	7,7	11,0	13,5	15,4	16,8	17,7	18,4	19,3	19,8	19,8	18,9	17,6	15,9	13,5	11,0
3. Осадки, мм	9	10	11	12	14	16	17	20	19	19	18	18	16	16	15	14
<b>ЗЕМЕТЧИНО</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	2,9	4,4	5,8	7,0	8,1	9,2	9,8	9,9	9,2	9,5	8,0	7,8	7,0	7,4	6,6	4,9
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	4,2	7,7	11,5	13,7	15,2	16,4	17,4	18,2	19,2	19,7	19,7	19,0	17,7	16,0	13,8	11,3
3. Осадки, мм	10	12	13	14	17	21	23	23	23	23	21	21	19	19	18	17
<b>МОКШАН</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	2,7	3,9	5,4	6,7	7,9	8,8	9,3	9,3	8,7	8,2	8,0	8,0	8,0	7,7	6,9	4,9
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	4,3	8,1	11,0	13,4	15,0	16,4	17,5	18,7	19,5	20,0	20,0	19,2	17,7	16,1	13,8	11,4
3. Осадки, мм	11	11	13	15	18	17	18	19	20	20	19	19	18	17	16	15
<b>ГОРОДИЩЕ</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	2,6	3,7	5,1	6,4	7,7	8,7	9,2	9,2	8,6	7,8	7,2	6,9	6,8	6,7	6,0	4,8
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	3,1	6,9	10,4	12,8	14,4	15,7	16,8	17,8	19,3	19,8	19,8	18,9	17,6	15,9	13,5	11,0
3. Осадки, мм	10	11	13	16	17	18	19	19	21	21	21	19	19	18	17	16
<b>ПЕНЗА</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	3,3	4,4	5,9	7,2	8,3	9,5	10,1	10,1	9,4	9,0	8,8	8,8	8,7	8,6	7,5	5,7
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	4,1	7,8	11,5	13,4	15,0	16,2	17,2	18,1	19,0	19,6	19,7	18,9	17,4	15,5	13,4	11,2
3. Осадки, мм	9	10	13	17	19	18	19	20	22	21	19	19	18	17	15	15

Окончание прил. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>КУЗНЕЦК</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	3,2	4,5	6,0	7,2	8,4	9,6	10,2	10,3	9,6	9,1	8,8	8,8	9,1	9,2	8,0	5,3
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	3,0	7,0	10,6	12,7	14,3	15,6	16,7	17,6	18,7	19,3	19,3	18,5	16,9	15,2	13,1	10,7
3. Осадки, мм	10	10	12	16	18	17	17	18	20	19	18	20	19	19	14	14
<b>БЕЛИНСКИЙ</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	2,7	4,2	5,8	7,0	8,2	8,9	9,2	9,5	9,5	9,3	9,0	8,7	8,4	8,1	7,2	5,5
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	4,2	8,2	11,9	13,7	15,0	16,1	17,1	18,2	19,1	19,6	19,6	19,0	17,7	16,0	13,8	11,5
3. Осадки, мм	11	12	12	14	15	18	20	20	22	22	20	20	19	19	15	15
<b>КОНДОЛЬ</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	3,0	4,2	5,6	6,9	8,2	9,4	10,2	10,2	9,4	8,7	8,2	8,2	8,6	8,8	7,5	5,3
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	3,5	7,5	11,6	13,4	15,0	16,3	17,2	18,1	19,0	19,6	19,7	18,9	17,6	16,2	13,9	11,2
3. Осадки, мм	9	9	10	13	16	16	17	18	18	17	16	17	17	17	14	14
<b>ЛОПАТИНО</b>																
1. Дефицит влажности воздуха	3,0	4,4	6,0	7,3	8,4	9,1	9,4	9,4	8,9	8,2	7,7	7,8	8,4	8,5	7,4	5,3
2. Среднесуточная температура воздуха, °С	4,0	8,2	11,7	13,6	15,2	16,5	17,4	18,4	19,4	19,9	19,9	19,1	17,8	16,4	14,1	11,4
3. Осадки, мм	8	8	9	13	15	15	15	16	17	16	15	17	17	17	14	13

Приложение 2

Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в условиях  
Пензенской области

Культуры	Метеостанция	Запасы продуктивной влаги, м <sup>3</sup> /га в метровом слое почвы на дату		Фактическая влагообеспеченность, %
		сева (возобновления вегетации) $W_n$	созревания $W_k$	
Озимая рожь	Наровчат	1560	720	85
	Земетчино	1510	620	80
	Мокшан	1550	790	75
	Пенза	1730	860	75
	Городище	1850	890	85
	Кузнецк	1940	730	85
	Белинский	1800	860	80
	Кондоль	1830	960	70
Яровая пшеница	Наровчат	1450	540	75
	Земетчино	1540	690	65
	Мокшан	1650	690	65
	Городище	1780	700	70
	Кузнецк	1730	560	70
	Белинский	1630	650	70
	Кондоль	1940	890	60
	Пенза	1700	820	65
Кукуруза	Наровчат	1220	800	60
	Земетчино	1470	720	65
	Мокшан	1510	830	60
	Городище	1600	108	65
	Кузнецк	1550	1040	55
	Белинский	1310	880	55
	Кондоль	1350	780	55
	Пенза	1440	890	60
Картофель	Наровчат	1290	420	95
	Земетчино	1470	540	100
	Мокшан	1510	630	80
	Городище	1590	770	85
	Пенза	1670	850	80
	Кузнецк	1850	1030	75
	Белинский	1080	650	70
	Кондоль	1740	1110	70
Капуста	Наровчат	1260	870	70
	Земетчино	1210	910	75
	Мокшан	1160	800	80
	Городище	1390	1030	75
	Пенза	1200	980	70
	Кузнецк	1330	1020	80
	Белинский	1080	850	70
	Кондоль	1150	740	75



## Окончание прил. 2

1	2	3	4	5
Томаты, огурцы	Наровчат	1080	850	75
	Земетчино	890	930	70
	Мокшан	1110	1040	70
	Городище	1190	870	75
	Пенза	1180	980	70
	Кузнецк	1070	1050	75
	Белинский	900	860	65
	Кондоль	980	900	65
Многолетние травы	Наровчат	1620	560	75
	Земетчино	1580	640	70
	Мокшан	1610	880	70
	Городище	1780	720	75
	Пенза	1700	680	70
	Кузнецк	1730	740	75
	Белинский	1800	500	65
	Кондоль	1880	620	65
Корнеплоды	Наровчат	1620	770	80
	Земетчино	1550	600	85
	Мокшан	1710	830	80
	Городище	1840	810	85
	Кузнецк	1640	650	85
	Белинский	1540	640	70
	Кондоль	1500	800	70
	Пенза	1650	740	75

Приложение 3

Содержание азота и зольных элементов, % на воздушно-сухое вещество, а для корнеклубнеплодов, овощей и зеленой массы на сырое вещество

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пшеница яровая:				Картофель кормо-			
зерно	1,95	0,60	0,85	вой:			
солома	0,56	0,75	0,20	клубни	0,19	0,42	0,07
Кукуруза:				ботва	0,30	0,25	0,08
зерно	1,91	0,37	0,57	Капуста:			
солома	0,75	1,64	0,30	кочаны	0,30	0,11	0,35
Свекла сахарная:				листья	0,35	0,03	0,21
корни	0,24	0,25	0,08	Подсолнечник:			
ботва	0,35	0,50	0,10	семена	2,61	0,96	1,39
Свекла кормовая:				целое растение	10,00	5,25	0,76
корни	0,19	0,42	0,07	Люцерна в начале			
ботва	0,30	0,25	0,08	цветения (сено)	2,60	1,50	1,65
Картофель столо-				Красный клевер (се-			
вый:				но)	1,97	1,50	1,56
клубни	0,32	0,60	0,14	Сено луговое (сено)	1,70	1,80	1,70
ботва	0,30	0,85	0,16				
Морковь кормовая:							
корни	0,18	0,11	0,40				
ботва	0,34	0,08	0,60				

Приложение 4

Подбор диаметров керамических, бетонных и железобетонных труб

Уклон $i$	$V$ , м/с $Q$ , л/с	Диаметр внутренний, см							
		4	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
0,001	$V$			0,19	0,22	0,26	0,29	0,33	0,36
	$Q$			0,82	1,77	3,30	5,24	7,91	11,24
0,002	$V$		0,20	0,26	0,32	0,37	0,42	0,46	0,51
	$Q$		0,39	1,16	2,50	4,71	7,45	11,02	15,94
0,003	$V$	0,21	0,24	0,32	0,39	0,46	0,52	0,57	0,62
	$Q$	0,27	0,48	1,42	3,08	5,72	9,15	13,68	19,50
0,004	$V$	0,24	0,28	0,37	0,45	0,52	0,59	0,67	0,73
	$Q$	0,30	0,55	1,65	3,54	6,59	10,47	16,10	22,60
0,005	$V$	0,27	0,32	0,42	0,50	0,59	0,66	0,74	0,80
	$Q$	0,34	0,62	1,84	3,96	7,43	11,77	17,75	25,20
0,006	$V$	0,30	0,34	0,46	0,55	0,64	0,72	0,82	0,88
	$Q$	0,38-	0,68	2,01	4,33	8,05	12,8	19,70	27,60
0,007	$V$	0,32	0,37	0,49	0,59	0,69	0,79	0,87	0,95
	$Q$	0,40	0,73	2,18	4,68	8,78	14,00	20,85	29,80
0,008	$V$	0,34	0,40	0,53	0,64	0,74	0,83	0,93	1,01
	$Q$	0,43	0,78	2,33	5,01	9,31	14,80	22,15	31,80
0,009	$V$	0,37	0,43	0,56	0,68	0,79	0,89	0,96	1,07
	$Q$	0,47	0,83	2,47	5,31	9,93	15,80	23,00	33,80
0,010	$V$	0,39	0,45	0,59	0,71	0,83	0,94	1,04	1,13
	$Q$	0,49	0,88	2,60	5,60	10,5	16,60	25,00	35,60
0,011	$V$	0,41	0,47	0,62	0,75	0,87	0,98	1,09	1,19
	$Q$	0,52	0,92	2,73	5,89	10,99	17,49	26,10	37,40
0,012	$V$	0,43	0,49	0,65	0,78	0,90	1,02	1,14	
	$Q$	0,54	0,95	2,86	6,10	11,90	18,12	27,40	
0,013	$V$	0,44	0,51	0,67	0,81	0,94	1,07	1,19	
	$Q$	0,56	1,00	2,97	6,37	11,90	19,0	28,6	
0,014	$V$	0,46	0,53	0,69	0,84	0,98	1,11		
	$Q$	0,58	1,04	3,07	6,60	12,34	19,64		
0,015	$V$	0,47	0,55	0,72	0,87	1,01	1,15		
	$Q$	0,59	1,07	3,19	6,83	12,75	20,30		
0,016	$V$	0,49	0,57	0,74	0,90	1,05	1,18		
	$Q$	0,62	1,11	3,29	7,05	13,30	20,90		
0,017	$V$	0,50	0,58	0,77	0,92	1,08			
	$Q$	0,63	1,14	3,40	7,27	13,61			
0,018	$V$	0,52	0,60	0,79	0,95	1,11			
	$Q$	0,66	1,18	3,49	7,50	14,01			
0,019	$V$	0,53	0,62	0,81	0,98	1,14			
	$Q$	0,67	1,21	3,59	7,72	14,42			
0,020	$V$	0,54	0,63	0,83	1,00	1,17			
	$Q$	0,68	1,24	3,69	7,88	14,70			
0,021	$V$	0,56	0,65	0,85	1,03	1,20			
	$Q$	0,71	1,27	3,78	8,11	15,17			
0,022	$V$	0,57	0,66	0,87	1,06				
	$Q$	0,72	1,30	3,87	8,27				
0,023	$V$	0,59	0,68	0,89	1,09				
	$Q$	0,74	1,34	3,96	8,50				
0,024	$V$	0,60	0,69	0,91	1,10				
	$Q$	0,76	1,36	4,04	8,70				

Приложение 5

Техническая характеристика дождевальных машин

Показатели	Ед. из мер.	Дальнеструйные		Среднеструйные			Короткоструйные		
		ДДН-70	ДДН-100	ДКШ-64 Волжанка	ДМ-100 Фрегат	ДФ-120 Днепр	ДДА-100М	ДДА-100МА	ЭДМФ Кубань
Расход воды	л/с	65	100	64	58-100	120	100	130	150
Напор воды	м	55	65	40	70	45	23-30	37	58
Способ забора воды		из откр. и закр. сети.		из закрытой напорной сети			из открытой сети		из закр. сети
Расстояние между стоянками или гидрантами	м	110/55	150/75	18	670-910	54	-		
Расстояние между каналом или трубопроводом	м	100	120	800	670-910	920	120	120	800
Коэффициент полезного использования земли	К <sub>зм</sub>	0,92	0,93	0,64	0,88	0,97	0,90	0,90	0,98
Средняя интенсивность дождя	мм/мин	0,41	0,45	0,267	0,26	0,285	2,7	2,5	1,2
Высота труб над поверхностью земли	м			0,89	2,2	2,1	1,5	1,5	2,7
Способ производства полива		позиционный	позиционный	позиционный	в движении	позиционный	в движении	в движении	в движении
Ширина захвата	м	70	85	800	335-454	460	120	120	800
Площадь полива с одной позиции	га	0,47-0,94	0,84-1,68	1,44	41-72	2,48	-		
Коэффициент использования времени	час	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,92
Допустимые уклоны		0,005	0,005	0,02	0,05-0,2	0,02	0,005	0,005	0,002-0,007
Рабочая скорость	км/ч					0,49	до 0,03		0,2-2,0

Приложение 6

Коэффициент поверхностного стока  $\sigma$ , %

Почва	Содержание глины, %	Уклон поверхности, %									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Почва водопроницаемая											
Песок	20	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Супесь	40	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Суглинок	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Глина	80	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Почва водоупорная											
Песок	20	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Супесь	40	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Суглинок	60	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Глина	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Уклон поверхности, %											
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Почва водопроницаемая											
Песок	20	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Супесь	40	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Суглинок	60	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Глина	80	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Почва водоупорная											
Песок	20	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Супесь	40	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Суглинок	60	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Глина	80	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Примечание: Если уклон участка террасирования будет распахан, то коэффициент  $\sigma$  снижается на 5-10 %, под сенокос не уменьшается.

Приложение 7

Потери напора воды в зависимости от диаметра труб

$Q$ , л/сек	Потери напора (в м) на 100 пог. м трубопровода диаметром $d$ (в мм)						
	50	75	100	125	150	200	250
0,5	0,50						
1,0	1,73	0,23					
1,5	3,63	0,48	0,117				
2,0	6,19	0,80	0,194				
2,5	9,49	1,19	0,288	0,097			
3,0		1,67	0,398	0,133			
3,5		2,22	0,526	0,175	0,072		
4,0		2,84	0,669	0,222	0,091		
4,5		3,53	0,829	0,274	0,112		
5,0		4,30	1,00	0,331	0,135		
5,5		5,17	1,20	0,392	0,160		
6,0		6,15	1,40	0,460	0,187		
6,5		7,22	1,62	0,531	0,216	0,053	
7,0		8,37	1,86	0,609	0,246	0,060	

**АКТ  
обследования нарушенных земель**

« »

20 г.

Комиссия в составе гл. инженера-землеустроителя управления сельского хозяйства (председатель комиссии), гл. агронома хозяйства, специалистов проектных институтов \_\_\_\_\_, гл. инженера строительной организации провели обследование нарушенных и примыкающих к ним земель \_\_\_\_\_ хозяйства ..... района..... области.

I. В результате обследования комиссия установила:

1. Участок нарушенных земель площадью \_\_\_\_\_ га расположен \_\_\_\_\_ и в сельском хозяйстве не используется.
2. Земли, примыкающие к участку нарушенных земель, используются под \_\_\_\_\_ и имеют следующие агротехнические показатели:
3. Тип нарушенных земель \_\_\_\_\_, его характеристика:
4. Состав пород и их смесей, характер их залегания, механический состав, условия увлажнения, глубина залегания, токсичность, естественное зарастание нарушенных и примыкающих к ним земель следующие:
5. Для рекультивации нарушенных земель можно использовать потенциально-плодородные породы и плодородный слой почвы участков: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Пожелания землепользователя: \_\_\_\_\_

Обеспеченность строительной организации техникой для выполнения работ технического этапа рекультивации: \_\_\_\_\_

II. В результате обследования комиссия решила:

1. Проектировать использование нарушенных земель под следующие виды угондий: \_\_\_\_\_
2. Предусмотреть следующее общее направление технического этапа рекультивации: \_\_\_\_\_
3. Использовать для рекультивации потенциально-плодородные породы и плодородный слой почвы с участков: \_\_\_\_\_
4. Произвести определение объемов и стоимости работ с использованием имеющихся топографических планов нарушенных и примыкающих к ним земель в масштабе 1:2000 с дополнением данных планового материала, необходимыми измерениями в натуре и использованием имеющихся материалов почвенного обследования масштаба 1:10000.
5. Установить следующий срок биологической рекультивации \_\_\_\_\_
6. Предусмотреть в проекте для восстановления плодородия в период биологической рекультивации следующий набор злаково-бобовых трав: \_\_\_\_\_
7. Определить дозы вносимых удобрений с учетом получения следующей урожайности: \_\_\_\_\_

Приложение:

1. Характеристика нарушенных земель.
2. Выкопировка с плана землепользования
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

Гл. инженер \_\_\_\_\_ (подпись)

Гл. агроном хозяйства \_\_\_\_\_ (подпись)

Инженер-землеустроитель \_\_\_\_\_ (подпись)

Почвовед \_\_\_\_\_ (подпись)

**Примечание.** В конкретных условиях форма акта при необходимости может изменяться.

Приложение 9

Характеристика нарушенных земель

Объект \_\_\_\_\_

№ контуров (выделов)	Площадь контуров (выделов).	Вид земельных угодий до улучшения	Тип нарушения	Разновидности нарушенных земель по форме рельефа	Характер увлажнения	Почвы, породы, смеси пород, механический состав, наличие токсичных солей и др.
1	2	3	4	5	6	7

Характер естественного зарастания (растительные группировки, примерный % покрытия и т.д.)	Показатели плодородия слоя почвы				
	Мощность плодородного слоя почвы (м)	% гумуса	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в мг на 100 г почвы	K <sub>2</sub> O в мг на 100 г почвы	Кислотность (рН)
8	9	10	11	12	13



ЗАДАНИЕ

на составление технорабочего проекта  
рекультивации нарушенных земель

1. Разработать технорабочий проект рекультивации участка нарушенных земель \_\_\_\_\_ района области. Объект \_\_\_\_\_

Расположение объекта и его внешние границы: \_\_\_\_\_

Площади земель, подлежащие рекультивации: \_\_\_\_\_

4. Использование земель в районе расположения объекта: \_\_\_\_\_

Краткая характеристика нарушенных земель (разрабатываемое ископаемое, тип нарушенных земель, геометрические параметры объектов, увлажнение, глубина залегания грунтовых вод от дна нарушенных земель, естественное зарастание, состав основных пород и их пригодность для биологической рекультивации, наличие плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород для рекультивации, агрохимические свойства и т.д.).

Перспективное использование рекультивируемых земель: \_\_\_\_\_

7. Рекомендуемая технология технической рекультивации: \_\_\_\_\_

8. Рекомендуемая технология биологической рекультивации: \_\_\_\_\_

9. Обеспеченность строительной организации техникой для выполнения работ технического этапа рекультивации: \_\_\_\_\_

10. Необходимость выполнения изыскательских работ: \_\_\_\_\_

11. Работы технического этапа рекультивации будет осуществлять \_\_\_\_\_ биологического этапа рекультивации \_\_\_\_\_ (название хозяйства) \_\_\_\_\_ района \_\_\_\_\_ области.

12. Осуществление работ технического и биологического этапов рекультивации  
предусмотреть за счет средств государственного бюджета в соответствии с объемами работ по рекультивации земель.

13. Особые условия: \_\_\_\_\_

Заказчик \_\_\_\_\_

**Примечание.** В конкретных условиях форма задания при необходимости может изменяться.

## Приложение 11

### Ориентировочные технологические схемы на рекультивацию нарушенных земель (карьеров)

#### §1

Применяется в том случае, когда засыпка карьера производится грунтом, срезаемым с прилегающей территории, а растительный слой на площади карьера создается за счет привозного плодородного слоя почвы

№ п. п.	Наименование технических операций	Тип оборудования
1	Снятие плодородного слоя почвы на площади срезки грунта с перемещением его во временные отвалы	Бульдозер с открылками
2	Срезка грунта с прилегающих к карьеру площадей и перемещение его на территорию подсыпки	Бульдозер с открылками
3	Выравнивание площади подсыпки с обеспечением требуемого уклона	Бульдозер, грейдер
4	Восстановление плодородного слоя почвы на площади срезки грунта	Бульдозер
5	Погрузка плодородного слоя почвы на автосамосвалы	Экскаватор
6	Перевозка плодородного слоя почвы с его выгрузкой на территории карьера	Автосамосвалы
7	Равномерное разравнивание плодородного слоя почвы по территории карьера	Бульдозер

#### §2

Применяется в том случае, когда для засыпки карьера используются внешние отвалы вскрышных пород и частично привозной грунт. На площадях, примыкающих к карьеру, отсутствует плодородный слой почвы

№ п.п.	Наименование технических операций	Тип оборудования
1	Перемещение в карьер внешних отвалов вскрышных пород	Бульдозер
2	Погрузка грунта необходимого для дополнительной засыпки, на автосамосвалы	Экскаватор
3	Перевозка грунта, необходимого для дополнительной засыпки, с его выгрузкой на территории карьера	Автосамосвалы
4	Планировка и разравнивание территории карьера после засыпки его вскрышными породами и привозным грунтом с соблюдением требуемого уклона	Бульдозер
5	Уплотнение грунта в насыпи	Катки
6	Погрузка плодородного слоя почвы на автосамосвалы	Экскаватор
7	Перевозка плодородного слоя почвы с его выгрузкой на территорию карьера	Автосамосвалы
8	Равномерное разравнивание плодородного слоя почвы на территории карьера	Бульдозер

**Примечание.** Исходя из конкретных условий наличие и наименование технологических операций и тин оборудования может изменяться.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ .....	5
Тема 1. ВВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИЮ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРОШЕНИИ .....	8
Тема 2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИВНЫХ И ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ .....	9
Тема 3. ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ И ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ. УДОБРИТЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ .....	18
Тема 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОСБОРНЫХ КАНАВ-ВАЛОВ .....	32
Тема 5. ОСУЩЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ .....	50
Тема 6. АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ. БОРЬБА С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВЫ .....	51
Тема 7. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ .....	56
Тема 8. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ .....	57
Тема 9. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ .....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	68
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	70

Учебное издание

Маслова Любовь Александровна  
Улицкая Наталья Юрьевна

## МЕЛИОРАЦИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Учебно-методическое пособие для практических занятий  
по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

В авторской редакции  
Верстка Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 4.08.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 4,88. Уч.-изд.л. 5,25. Тираж 80 экз.  
Заказ № 511.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.