

2.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. Основы осушительной мелиорации

Практическая работа 1. Расчет водного баланса почвы, установление типа гидромелиорации и выбор вида и способа мелиорации

Цель – обосновать необходимость вида и способа гидромелиорации на основе водного баланса почвы

Задачи.

1. Освоение методики расчета водного баланса почвы заданного участка.
2. Определение необходимости гидромелиорации и ее вида.

Необходимость в проведении гидромелиорации земель обусловлена природно-климатическими и социально-экономическими факторами.

Обобщающим критерием природно-климатической потребности гидромелиорации почв является их водный режим. Сравнение естественного водного режима почв с оптимальным позволяет установить направленность мелиорации и тип проектируемой гидромелиоративной системы.

Водный баланс почвы представляет количественную характеристику ее водного режима и поэтому выполняется на начальном этапе проектирования гидромелиоративной системы. В результате он позволяет объективно оценить потребность и направленность мелиоративных мероприятий, обосновать проектные параметры осушительно-увлажнительного режима мелиорируемых почв.

Следует иметь в виду, что водобалансовые расчеты выполняются как при проектировании, так и при эксплуатации гидромелиоративных систем. При этом они имеют разные задачи [9].

На этапе проектирования в результате расчетов должны быть получены обеспеченные (вероятностные) параметры водного и осушительно-увлажнительного режима почв. Наиболее упрощенные расчеты (по водобалансовому уравнению в целом для вегетационного периода) допускается выполнять с использованием данных типовых лет, харак-

теризующихся различной обеспеченностью климатических показателей (осадков, дефицита влажности воздуха и т. п.) [16].

Для более обоснованного проектирования мелиоративной системы необходима оценка внутрисезонной динамики влагозапасов почвы на основе детальных декадных расчетов водного баланса.

С целью овладения алгоритмом данного метода выполняется расчет водного баланса почвы на примере только одного года. Для примера выбирается характерный календарный год с наличием как дождливых, так и засушливых декад вегетационного периода.

Основу декадных расчетов составляет *системный* водный баланс мелиорируемой почвы и требуемой сезонной динамики уровня грунтовых вод (УГВ) в виде двух уравнений:

$$\begin{cases} W_k^i = W_n^i + P^i - E^i + V_r^i; \\ H_k^i = H_n^i - \Delta H_{c(v)}^i - n_d q, \end{cases} \quad (2.1)$$

где W_k^i, W_n^i – влагозапасы почвы на конец и начало i -й декады, мм;
 P^i – атмосферные осадки, выпавшие в течение i -й декады, мм;
 E^i – декадное водопотребление культуры, мм;
 V_r^i – подпитывание расчетного слоя почвы от УГВ, мм;
 H_k^i, H_n^i – расчетный УГВ соответственно на конец и начало i -й декады, м;
 $\Delta H_{c(v)}^i$ – изменение уровня грунтовых вод, вызванное почвенным стоком (C_n) или подпитыванием расчетного слоя (V_r), м;
 q – естественный приток или отток ($-q$) грунтовых вод, м/сут.
 n_d – число суток в декаде.

Расчеты выполняются в табличной форме (конкретный пример приведен в табл. 2.2), а их результаты представляются в виде графиков, показанных на рис. 2.1. Порядок расчетов следующий.

1. Согласно исходным данным задания принимается вариант расчета (метеостанция, почва, культура, соответствующие метеоданные и коэффициенты).

2. Водопотребление культуры (E^i_{mm}) рассчитывается по формуле

$$E = 1,35nK_bK_{\delta}d^{0.5} \quad (2.2)$$

где n – число суток в декаде;
 K_b – коэффициент влагообмена ($K_b = 0,85-0,90$);
 K_{δ} – биоклиматический коэффициент культуры (приложение 6);

d_i – среднесуточный дефицит влажности воздуха расчетной декады, мб. ($d_i = \Sigma d_i / n$).

Декадные значения P^i и Σd_i для расчетного (реального года) принимаются по данным задания, либо приложений 7,8.

3. Определяются верхняя и нижняя границы регулирования влагозапасов расчетного слоя почвы ($W_{нв}$, мм; $W_{нп}$, мм) и безопасного диапазона уровня грунтовых вод (H_{\min} , м; H_{\max} , м).

Верхняя граница регулирования влагозапасов соответствует наименьшей влагоемкости почвы и рассчитывается по формуле

$$W_{нв} = 0,1A h \beta_{нв}^A, \quad (2.3)$$

где A – пористость почвы, % объема;

h – глубина расчетного слоя почвы, м;

$\beta_{нв}^A$ – влажность почвы при наименьшей влагоемкости, % от A .

Величины A , h , $\beta_{нв}^A$, а также нижняя граница $W_{нп}$, выраженная в процентах от $W_{нв}$, заданы в исходных данных.

Верхняя граница безопасного диапазона УГВ (H_{\min} , м) принимается по расчетным декадам согласно приложению .. Нижняя граница (H_{\max} , м) принимается глубже верхней на величину допустимого диапазона регулирования УГВ ΔH , приведенного в задании на проектирование.

4. На начало первой расчетной декады принимается условие:

$$W_n^1 = W_{нв}; H_n^1 = H_{\min}.$$

Значения W_n^{i+1} и H_n^{i+1} на начало последующих декад определяются по изложенному ниже алгоритму.

5. Величина V_r^i определяется с учетом максимального подпитывания (V_{\max}^i , мм) и аккумулирующей емкости расчетного слоя ($W_{ак}^i$, мм), вычисляемых по формулам

$$V_{\max}^i = E^i \left(1 - \frac{H_n^i - 0,5h}{H_0} \right)^2; \quad (2.4)$$

$$W_{ак}^i = W_{нв} - W_n^i - P^i + E^i, \quad (2.5)$$

где H_0 – уровень грунтовых вод, при котором подпитка расчетного слоя h прекращается, м (исходные данные).

Значение V_r^i принимается следующим образом:

$$V_r^i = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ если } W_{AK}^i \leq 0 \\ W_{AK}^i, \text{ если } 0 < W_{AK}^i \leq V_{\max}^i \\ V_{\max}^i, \text{ если } W_{AK}^i > V_{\max}^i \end{array} \right\} \quad (2.6)$$

Т а б л и ц а 2. 2. – Расчет водного баланса мелиорируемой легкосуглинистой почвы по метеостанции Барановичи

Показатели	Месяцы и декады																Σ
	апрель			май			июнь			июль			август			сен.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P, мм	16	2	11	9	4	0	6	32	57	49	38	12	9	35	41	5	322
d, мб	2,7	6,9	6,0	6,8	5,3	6,9	9,4	6,5	5,6	6,0	5,1	7,3	9,1	6,6	5,2	5,9	
K ₆	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,68	0,80	0,89	1,05	1,20	1,26	1,16	1,01	0,83	0,59	0,50	
E, мм	10	16	15	16	14	24	30	28	30	36	35	42	37	26	18	15	392
W _и ⁱ , мм	120	120	115	116	112	104	90	90	112	120	120	120	100	90	112	120	
H _и ⁱ , м	0,50	0,60	0,82	0,96	1,06	1,13	0,71	0,39	0,90	0,90	0,90	0,90	1,14	0,64	0,93	0,90	
W _{ак} ⁱ , мм	-6	14	9	11	18	40	54	26	-19	-13	-3	30	48	21	-15	10	
V _{max} ⁱ , мм	7	9	5	3	2	3	13	22	8	9	9	10	4	13	4	4	
V _г ⁱ , мм	0	9	5	3	2	3	13	22	0	0	0	10	4	13	0	4	88
W _к ⁱ , мм	126	115	116	112	104	83	79	112	139	133	123	100	76	112	135	114	
C ⁱ , мм	6								19	13	3				15	56	
m ⁱ , мм						7	11						14				32
± ΔH ⁱ , м	0,16	-0,22	-0,14	-0,10	-0,07	-0,10	-0,29	-0,43	0,38	0,29	0,10	-0,24	-0,12	-0,29	0,32	-0,12	
H _к ⁱ , м	0,34	0,82	0,96	1,06	1,13	1,23	1,00	0,82	0,52	0,61	0,80	1,14	1,26	0,93	0,61	1,02	
H _{min} ⁱ , м	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
H _{max} ⁱ , м	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
V ₂ ⁱ , мм						10	24						18				
H ₂ ⁱ , м						0,71	0,39						0,64				

6. После расчета W_k^i согласно (1) осуществляется их сравнение с верхней ($W_{\text{нв}}$) и нижней ($W_{\text{ни}}$) границами регулирования и переход к влагозапасам на начало следующей декады W_n^{i+1} с учетом следующих трех случаев.

Случай «а»: $W_k^i > W_{\text{нв}}$, тогда $W_n^{i+1} = W_{\text{нв}}$, а возникающий почвенный сток (C^i , мм) рассчитывается по формуле

$$C^i = W_k^i - W_{\text{нв}}. \quad (2.7)$$

Случай «б»: $W_{\text{ни}} \leq W_k^i \leq W_{\text{нв}}$, тогда $W_n^{i+1} = W_k^i$.

Почвенный сток и необходимость увлажнения отсутствуют.

Случай «в»: $W_k^i < W_{\text{ни}}$, тогда $W_n^{i+1} = W_k^i + m^i = W_{\text{ни}}$. То есть в этом случае необходимо увлажнение расчетного слоя почвы нормой

$$m_{\text{нн}}^i = W_{\text{ни}} - W_k^i. \quad (2.8)$$

Необходимый контроль и регулирование УГВ согласно (1) выполняется следующим образом.

За счет почвенного стока (случай «а») УГВ в минеральных и торфяных почвах повышается соответственно на следующие значения:

$$\Delta H_c^i = 0,049 C_i^{0,750} K_{\text{ф}}^{-0,375}; \quad (2.9)$$

$$\Delta H_c^i = 0,066 C_i^{0,571} K_{\text{ф}}^{-0,214}. \quad (2.10)$$

где $K_{\text{ф}}$ – средневзвешенный коэффициент фильтрации расчетного слоя почвогрунта, вычисляемый по формуле (3.5), м/сут.

Остальные обозначения прежние.

За счет подпитывания расчетного слоя (случаи «б» и «в») происходит понижение (сработка) УГВ. В этих случаях значение ΔH_v^i рассчитывается также по формулам (2.9) и (2.10), но с обратным знаком. Поэтому во втором уравнении (2.1) ΔH_c^i вычитается, а ΔH_v^i прибавляется. При аномально большом количестве осадков величина ΔH_c^i может привести к отрицательному значению H_k^i в формуле (2.1), что указывает на наличие слоя поверхностного стока. Значение q , зависящее от типа водного питания участка, приведено в исходных данных.

В результате совместного воздействия величин $\Delta H_{c(v)}^i$ и $n_d q$ значение H_k^i согласно (2.1) может выходить за пределы минимальной ($H_{\text{мин}}$) и максимальной ($H_{\text{макс}}$) границ безопасного диапазона УГВ. Поэтому выполняется необходимое регулирование УГВ на начало следующей декады (H_n^{i+1}) исходя из следующих условий:

$$H_n^{i+1} = \left\{ \begin{array}{l} H_{\text{мин}}^{i+1}, \text{ если } H_k^i < H_{\text{мин}}^i; \\ H_k^i, \text{ если } H_{\text{мин}}^{i+1} \leq H_k^i \leq H_{\text{макс}}^{i+1}; \\ H_{\text{макс}}^{i+1}, \text{ если } H_k^i > H_{\text{макс}}^i. \end{array} \right\} \quad (2.11)$$

В первом условии выражения (2.11) необходимо понижение УГВ на величину $\Delta H_{\text{д}}^i = H_{\text{мин}}^{i+1} - H_{\text{к}}^i$ за счет дренажного стока, а в третьем условии – необходимо повышение УГВ $\Delta H_{\text{м}} = H_{\text{к}}^i - H_{\text{макс}}^{i+1}$ за счет водопадачи в зону аэрации.

В случае «в» для подпочвенного увлажнения в расчетной декаде необходимо поддержание более высокого уровня грунтовых вод H_2^i (за счет его искусственного подъема), который обусловит большую подпитку расчетного слоя V_2^i , обеспечивающую равенство $W_{\text{к}}^i = W_{\text{ин}}$. Величина необходимой подпитки при этом определяется по уравнению

$$V_2^i = W_{\text{ин}} - W_{\text{н}}^i - P^i + E^i. \quad (2.12)$$

Для расчета требуемого при увлажнении УГВ H_2^i используется полученная на основе зависимости (2.4) формула:

$$H_2^i = H_0 \left(1 - \sqrt{\frac{V_2^i}{E^i}} \right) + 0,5h. \quad (2.13)$$

Обозначения прежние.

Таким образом, необходимое повышение УГВ в i -й декаде за счет увлажнительного шлюзования ($\Delta H_{\text{м}}$) составит разницу $H_{\text{н}}^i - H_2^i$, а норма увлажнения расчетного слоя $m_{\text{ин}}^i$ будет обеспечена за счет увеличения подпитки на величину $\Delta V_{\text{п}} = V_2^i - V_{\text{г}}^i$. Уровень грунтовых вод на начало следующей декады определяется по условию (2.11) с использованием вместо $H_{\text{к}}^i$ величины H_2^i .

Для контроля правильности вычислений проводится расчет суммарного водного баланса (по итогам правого столбца табл. 2.2):

$$W_{\text{к}}^{(16)} = W_{\text{н}}^{(1)} + \sum P^i - \sum E^i + \sum V_{\text{г}}^i - \sum C^i + \sum m^i. \quad (2.14)$$

В нашем случае: $114 = 120 + 322 - 392 + 88 - 56 + 32$.

На основании выполненных расчетов водного баланса и анализа литературы [1,2,5] следует сделать выводы о необходимости осушительных, увлажнительных мероприятий на объекте и типе проектируемой мелиоративной системы.

Приведенный пример расчета показывает, что на протяжении даже одного вегетационного периода, близкого по метеоусловиям к средне-многолетнему, необходимо двустороннее регулирование водного режима почв.

2.3. Выбор методов и способов гидромелиорации земель

На основании исходных данных задания и плана мелиорируемого участка земель следует проанализировать его *тип водного питания*, т.е. комплекс природных условий, определяющий основной источник увлажнения земель. Тип водного питания непосредственно определяет тот или иной метод осушения, а последний в свою очередь обуславливает конкретные способы осушения и конструкцию мелиоративной системы.

Метод осушения земель – это основной принцип воздействия на неблагоприятный водный режим переувлажненных земель с целью преобразования его в оптимальный для их хозяйственного использования [2].

Способ осушения земель – это совокупность конкретных гидротехнических, агромелиоративных и других мероприятий, ликвидирующих причины заболачивания земель и создающих в корнеобитаемом слое почвы оптимальный водно-воздушный режим. В зависимости от принятых методов осушения на одном объекте, как правило, применяются два и более способов осушения в различных сочетаниях.

После тщательного изучения исходных данных и литературы [1,2,4,7,10,11] необходимо определить из числа существующих наиболее целесообразные в данном случае методы и способы осушения земель и дать их характеристику.

Тема 2. Осушение земель с различными типами водного питания

Практическая работа 2. Изучение элементов осушительной системы и их назначения

Цель – изучить элементы осушительной мелиоративной системы

Задачи.

1. Изучить виды и классификации осушительных систем.
2. Изучить назначение элементов осушительной мелиоративной системы.

В общем случае осушительная мелиоративная система должна включать такие элементы, как водоприемник, проводящую, регулирующую и оградительную сеть, гидротехнические сооружения на сети, дороги и полеззащитные лесополосы. Примеры принципиальных схем осушительных систем приведены на рис. 3.1.

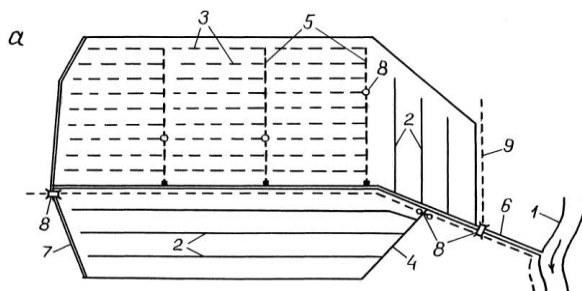


Рис. 3.1. Самотечная осушительная система:

- 1 – река-водоприемник; 2 – открытые осушители; 3 – закрытый дренаж; 4 – открытый коллектор; 5 – закрытый коллектор; 6 – магистральный канал; 7 – нагорный канал; 8 – сетевые гидросооружения; 9 – дороги

Регулирующая сеть предназначена для регулирования водно-воздушного режима осушаемых почв путем сбора поверхностных и грунтовых вод и передачи их в проводящую сеть. Она может состоять из закрытой и открытой сети, ложбин стока, поглотительных устройств и др.

Проводящая сеть необходима для приема воды из регулирующей сети и транспортирования ее в водоприемник. К проводящей сети

относят магистральные каналы, транспортирующие собиратели, коллекторы.

Оградительная сеть проектируется для защиты участка от поступления на него поверхностных и грунтовых вод со смежных территорий. В качестве оградительной сети служат нагорные, ловчие, нагорно-ловчие, береговые каналы или дрены.

Водоприемник необходим для приема воды со всей осушаемой площади и из оградительной сети.

Для функционирования осушительной системы в установленном режиме необходимы также *гидротехнические сооружения* (трубы-переезды, трубы-регуляторы, мосты, колодцы смотровые, поглотители и др.).

Дороги проектируют на всех мелиоративных объектах. По дорогам обеспечивается связь мелиорируемых территорий с хозяйствами, полями севооборотов.

Полезащитные лесные полосы служат для защиты полей от водной и ветровой эрозии. Они необходимы также для улучшения среды обитания животных, создания благоприятного микроклимата на объекте.

Осушительная система может быть *самотечной* и *с механическим отводом* избыточной воды с осушаемой территории. В самотечной осушительной системе излишки воды удаляются самотеком, начиная от регулирующей сети и заканчивая сбросом ее из проводящей сети в водоприемник.

При выборе конструкции мелиоративной системы в проекте следует отдавать предпочтение закрытым самотечным системам с элементами для увлажнения осушаемых земель либо осушительно-увлажнительным системам.

По размещению в плане закрытая регулирующая сеть проектируется систематической или выборочной. С учетом исходных данных в курсовом проекте разрабатывается систематическая дренажная сеть.

С учетом исходных данных и результатов расчета водного баланса почв на топографическом плане намечается принципиальная схема осушительно-увлажнительной системы с плановым расположением основных водотоков открытой и закрытой проводящей сети.

Окончательное проектирование мелиоративной системы выполняется после обоснования расчетных параметров регулирующей сети.

Практическая работа 3. Расчет и проектирование закрытой осушительной сети

Цель – изучить элементы осушительной мелиоративной системы.

Задачи.

1. Обосновать параметры регулирующей осушительной сети
2. Рассчитать расстояние между дренами
3. Расположить мелиоративную сеть на плане с учетом требований проектирования
4. Определить поверхностный и дренажный сток на участке на основе гидрологического расчета.
5. Определить параметры оградительной сети на основании гидравлического расчета

1. Обоснование параметров регулирующей осушительной сети

В зависимости от принятых способов осушения регулирующая сеть может быть представлена в виде открытых каналов либо закрытых дренах. Кроме того, исходя из свойств водопроницаемости почвогрунтов, необходимо установить принципы действия регулирующей сети: собирательный или осушительный (дренажный) [1].

С учетом исходных данных в курсовом проекте разрабатывается, как правило, регулирующая сеть в виде закрытого керамического или пластмассового дренажа, работающего по осушительному принципу.

Применение закрытой регулирующей сети из пластмассовых труб допускается [2]:

- на минеральных почвах и предварительно осушенных торфяниках с коэффициентом фильтрации 0,3 м/сут. и более;
- в почвах с коэффициентом фильтрации менее 0,3 м/сут с заполнением дренажной щели фильтрующими материалами, обеспечивающими гидравлическую связь дрены с избыточными водами пахотного слоя;
- при содержании в грунтах не более 4 % каменных включений размерами от 30 до 60 см;
- при содержании пней не более 3 %;
- при содержании 3 % и менее погребенной древесины диаметром не более 10 см.

К основным параметрам закрытой регулирующей сети относятся: глубина заложения дрена (t, м), уклон дрена (i), длина дрена (ℓ_d , м) и расстояние между дренами (B, м).

Глубину заложения дрены (или глубину траншеи) можно определить как слагаемое следующих величин:

$$t = a + \Pi + d_n, \quad (3.1)$$

где a – вегетационная норма осушения (заданное расстояние от поверхности почвы до верха кривой депрессии), м;

Π – подъем кривой депрессии над верхом дрены, м;

d_n – наружный диаметр дрены, м .

В условиях торфяно-болотных почв значение t_d увеличивают на величину будущей осадки и сработки торфяной залежи (10 – 15 % от t_d).

В практическом проектировании принимаются рекомендуемые значения глубин дрен [1,2]. Оптимальная рекомендуемая глубина заложения дрен составляет 1,2 – 1,3 м (для минеральных почв среднего, тяжелого механического состава и торфяников) и 1,1 – 1,2 м – для легких минеральных почв. Минимальная и максимальная глубина дрен составляет 1,0 и 1,4 м соответственно.

Длина закрытых дрен (ℓ_d) должна находиться в пределах 50 – 300 м (при уклоне $i \leq 0,005$ – до 200 м). При проектировании необходимо стремиться к максимально допустимым значениям ℓ_d [2].

Оптимальные уклоны закрытых дрен и собирателей составляют 0,008–0,015. Минимальный уклон дрен принимает значения 0,003; 0,004 и 0,006 при содержании в грунтовой воде закисного железа соответственно до 3, 3–5 и более 5 мг/л. Максимальный уклон дрены допускается при подсоединении ее к коллектору и не должен превышать 0,1.

2. Расчет расстояния между дренами

Междреннее расстояние (B , м) является наиболее важным параметром дренажа, определяющим эффективность работы осушительной сети. Величина B зависит от многих факторов, таких как водопроницаемость почвогрунтов, положение водоупора, интенсивность водного питания, конструкция дренажных труб и др.

Основными расчетными периодами при определении расстояния между дренами являются предпосевной (весенний) и период летне-осенних дождей [1]. В обоих случаях расчеты ведутся на удаление избытка влаги 10 %-ной обеспеченности. Окончательно из двух полуценных значений B принимают меньшее.

В данной работе расчеты выполняются для простых гидрогеологических условий, когда дренаи расположены в однородных грунтах вы-

ше водоупора. Общая расчетная схема представлена на рис. 3.2.

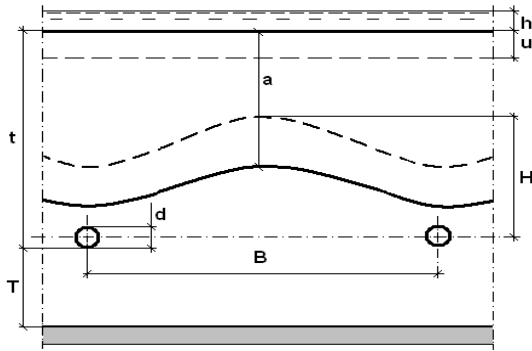


Рис. 3.2. Схема к расчету расстояния между дренами

В условиях глубокого залегания водоупора (при $B / T < 3$) величина B определяется по формуле А.Н.Костякова

$$B = \frac{\pi K H}{q \left(2.3 \lg \frac{B}{d} - 1 \right)}, \quad (3.2)$$

При близком залегании водоупора ($B / T \geq 3$) используются зависимости С.Ф.Аверьянова

$$B = 2H \sqrt{\frac{K}{q} \left(1 + \frac{2T}{H} \right) \alpha}, \quad (3.3)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2T}{B} 2.94 \lg \left(\frac{1}{\sin \pi d / 2T} \right)}. \quad (3.4)$$

В формулах (3.2) – (3.4) приняты следующие обозначения:

B – расстояние между дренами, м;

T – расстояние от дрены до водоупора, м;

H – среднее превышение уровня грунтовых вод над уровнем воды в дрене за расчетный период, м;

K – коэффициент фильтрации почвогрунтов, м/сут;

q – средний за расчетный период приток воды к дренам, м/сут;
 d – наружный диаметр дрены, м;
 α – коэффициент, учитывающий несовершенство дрен по степени вскрытия водоносного пласта.

В расчетах по приведенным зависимостям используется приведенное значение коэффициента фильтрации с учетом различной водопроницаемости пахотного и подстилающего слоев:

$$K = \frac{K_1 \cdot m_1 + K_2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}, \quad (3.5)$$

где K_1, K_2 – коэффициенты фильтрации соответственно пахотного и подстилающего слоев, м/сут;

m_1, m_2 – расчетная мощность (толщина) данных слоев, м.

При этом величина m_1 учитывает только ту часть пахотного слоя, которая находится ниже первоначальной глубины УГВ.

Среднее значение H рассчитывается по формуле

$$H = t - 0,6(a - u) - u, \quad (3.6)$$

где a – норма осушения, м;

u – первоначальная глубина УГВ, м.

Средняя за расчетный период интенсивность притока воды к дрене определяется из соотношения

$$q = \frac{W}{\tau}, \quad (3.7)$$

где W – подлежащий отводу избыточный слой воды, мм;

τ – нормативное время понижения уровня грунтовых вод, сут.

Время понижения τ до нормы осушения в весенний и летне-осенний периоды согласно [2] принимается: для пахотных и пастбищных земель – 10 сут, для сенокосных земель – 15 сут.

Слой воды, который необходимо отвести дренами, рассчитывается по выражению

$$W = h_b + \delta(a - u) + P - E, \quad (3.8)$$

где h_b – слой воды, имеющийся на поверхности почвы, м.

δ – коэффициент водоотдачи;

P, E – осадки и испарение за расчетный период, м.

Величину h_b ориентировочно принимают для предпосевного периода в пределах 0,02 – 0,06 м, для летне-осеннего периода – в пределах

0 – 0,02 м. Значения осадков 10%-ной обеспеченности за вычетом испарения (Р – Е) для расчетных периодов приведены в приложениях 10,11.

Коэффициент водоотдачи определяют по формулам:
для минеральных земель

$$\delta = 0,056\sqrt{K} \sqrt[3]{a - u}; \quad (3.9)$$

для торфяно-болотных

$$\delta = 0,116 K^{3/8} \cdot a^{3/4}, \quad (3.10)$$

После выполнения определения расстояния между дренами для предпосевного и летне-осеннего периодов, в качестве расчетного принимается меньшее из двух полученных значений. Окончательно принятое проектное значение В должно соответствовать рекомендуемому в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1. Рекомендуемые расстояния между дренами, м

Грунты	При осушении	
	для полевых, овощных севооборотов и пастбищ	для лугопастбищных севооборотов
1	3	4
Глина тяжелая	9...11	14...16
Глина средняя	11...13	16...18
Глина легкая	13...15	18...20
Суглинок тяжелый	14...16	20...24
Суглинок средний	16...20	24...28
Суглинок легкий	20...30	28...35
Супесь	25...35	35...40
Песок	30...50	40...60
Торф, содержащий древесные и тростниковые остатки	25...30	30...40
Торф, не содержащий древесных и тростниковых остатков	20...30	25...30

Пример расчета междреннего расстояния для предпосевного и летне-осеннего периодов приведен в приложении 12.

При осушении мелкозалежных торфяников закрытая регулирующая сеть должна размещаться в подстиляющем грунте [2].

3. Расположение мелиоративной сети на плане

Проектирование сети на плане целесообразно начинать от водотоков высшего порядка к водотокам низшего, т.е. от проводящей сети (каналы, коллекторы) к регулирующей. Открытая сеть должна увязываться с границами землепользователей, сельхозугодий и элементами ситуации.

Для уменьшения общей протяженности сети следует проектировать двухстороннее примыкание (впадение) младших элементов к старшим.

Магистральные каналы трассируются по самым низким местам поверхности переувлажненного участка, используя естественные протоки, тальвеги, другие хорошо выраженные понижения местности. Такое расположение сети позволяет сбросить воду самотеком с любой точки участка. Расстояние между магистральными каналами определяется длиной закрытых коллекторов. Радиусы поворотов гидравлически не рассчитываемых каналов должны быть не менее 20 м, а гидравлически рассчитываемых с расходом до $5 \text{ м}^3/\text{с}$ – не менее $5B$ (где B – ширина канала по урезу воды при максимальном расходе). Угол сопряжения канала с водоприемником составляет $75 - 90^\circ$.

Закрытые коллекторы сопрягаются с каналами под углом $60 - 90^\circ$. Длины коллекторов принимаются в пределах $600 \dots 800$, а при уклонах более $0,005$ – до 1000 м. Расстояния между коллекторами зависят от выбранной схемы расположения регулирующей сети, рельефа местности и определяются запроектированной длиной дрен. Коллектор необходимо проектировать прямолинейным или с поворотом не более 120° . При сопряжении нескольких коллекторов в одной точке предусматриваются специальные смотровые колодцы.

По размещению в плане закрытая регулирующая сеть проектируется систематической и выборочной. В систематической сети дрены и собиратели располагаются равномерно по всей осушаемой территории, а в выборочной – в наиболее пониженных местах и участках с застоем воды. По отношению к направлению уклона поверхности регулирующая сеть может быть поперечной (при $i > 0,005$) и продольной (при $i < 0,005$). В любом случае регулирующую сеть необходимо располагать так, чтобы дрены и собиратели пересекали все микропонижения. Первая регулирующая линия прокладывается по границе разровненного кавальера на канале. Расстояние между крайней дренающей и параллельной границей участка осушения составляет $B/2$. Такое же расстояние выдерживается для перпендикулярно расположенных друг к другу дрен. Угол сопряжения дрен с коллекторами должен быть в пределах

60 – 90⁰ . Рекомендуемая длина дрен приведена в литературе [1,3].

При минимальном диаметре длину дрен и закрытых собирателей следует принимать не более 250 м, а в мелкозернистых водонасыщенных песках и илах – не более 150 м. При осушении окраин массива длина дрен принимается не менее 50 м.

Оградительная сеть проектируется по границам осушаемого участка в местах, где имеется приток поверхностной или почвенно-грунтовой воды. Она целесообразна в случаях, когда расход поступающий с водосбора воды превышает расчетный расход дрены. При небольших водосборах вместо открытых нагорных каналов рекомендуется устраивать закрытые собиратели в виде дрен с фильтрующей засыпкой.

4. Гидрологические расчеты проводящей и оградительной сети

Основной целью гидрологических расчетов проводящей осушительной сети является определение модулей поверхностного и дренажного стока для установления расчетных расходов и уровневого режима водотоков в разные сезоны года.

Для открытой сети с площадью водосбора менее 20 км² должны обеспечиваться условия пропуски расходов, приведенные в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1. Условия пропуски расчетных расходов воды в каналах осушительных систем с водосборной площадью до 20 км²

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Расчетный расход	Условия пропуски расчетного расхода	Обеспеченность расчетного расхода, %
Полевые севообороты, пастбища	Весенний паводок	В бровках	10
	Предпосевной	На 0,5-0,7 м ниже бровок	10
	Летне-осенний паводок	На 0,2-0,3 м ниже бровок	10
Сенокосы	Предпосевной	На 0,4-0,5 м ниже бровок	10
	Летне-осенний паводок	В бровках	10
Для всех видов использования	Среднемеженный	Без подпора впадающей сети	50

Большие значения уровней воды в табл. 4.1 принимаются на малоуклонных территориях. Меньшие значения запаса от бровок в принимаются в легких минеральных почвах, большие – в тяжелых минеральных почвах и торфяниках.

Модули поверхностного стока зависят от гидрографических характеристик водосбора в заданном сечении канала, расчетных периодов и заданной обеспеченности.

В курсовом проекте выполняются расчеты модулей поверхностного стока весеннего половодья ($q_{вп}^{10\%}$), предпосевного ($q_{пп}^{10\%}$), летне-осеннего паводка ($q_{лоп}^{10\%}$) и бытового ($q_{б}^{50\%}$) периодов.

Средний за многолетний период максимальный мгновенный модуль стока весеннего половодья определяется по формуле

$$\bar{q}_{вп} = \frac{A_{вп} I^{0,2} (1 + 0,5\delta)}{(F + 10)^{0,167} (1 + 0,2\alpha_{взв})(1 + 0,02\beta)(1 + 0,03\varphi)(1 + 0,01\gamma)}. \quad (4.1)$$

Коэффициент вариации вариации максимального стока весеннего половодья находят по выражению

$$C_v^{вп} = \frac{a_{вп}}{(F + 1)^{0,06}}. \quad (4.2)$$

Для предпосевно-посевной периода величину модуля стока 10 % обеспеченности определяют по формуле

$$q_{10\%}^{пп} = \frac{A_{10\%}^{пп} \sqrt[15]{(F + 1)(1 + 0,01\beta)(1 + 0,02\varphi)(1 + 0,01\gamma)(1 + 0,05\alpha_{взв})}}{1 + 0,4\eta}. \quad (4.3)$$

В качестве расчетного летне-осеннего паводка принимается наивысший расход в промежутке от конца спада весеннего половодья до начала ледостава осенью. Средний за многолетний период максимальный модуль стока летне-осенних паводков определяется по формуле

$$\bar{q}_{лоп} = \frac{A_{лоп} B^{0,25} I^{0,143} (1 + 0,5\delta)}{(F + 10)^{0,25} (1 + 0,2\alpha_{взв})(1 + 0,02\beta)(1 + 0,02\varphi)(1 + 0,01\gamma)}. \quad (4.4)$$

Коэффициент вариации максимумов летне-осенних дождевых паводков находится по выражению

$$C_v^{лоп} = \frac{a_{лоп}}{(F + 10)^{0,05} (\bar{q}_{лоп} + 1)^{0,1}}. \quad (4.5)$$

Расчетным расходом бытового (меженного) периода считается наиболее часто повторяющийся среднесуточный расход воды низкой межени. В практике гидрологических расчетов этот расход можно за-

менить близким к нему минимальным расходом 30-суточной продолжительности. Средний за многолетний период модуль бытового стока определяется по зависимости

$$\bar{q}_6 = \frac{A_6 F^{0,143} (\varphi + \gamma + 1)^{0,2} \delta^{0,6} (\alpha + 1)^{0,2}}{(\beta + \varphi + 1)^{0,125}}. \quad (4.6)$$

Коэффициент вариации бытового стока находится по выражению

$$C_v^6 = \frac{a_6 (\beta + \varphi + 1)^{0,143}}{(F + 1)^{0,05} \delta^{0,143} (1 + \alpha)^{0,1}}. \quad (4.7)$$

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:

q – модуль поверхностного стока, л/(с·км²);

A – параметр, отражающий совокупность климатических, почвенно-геологических и других условий формирования стока, имеющий тенденцию плавного изменения по территории;

a – географический параметр, отражающий изменение коэффициента изменчивости стока по территории;

F – площадь водосбора, км²;

I – средний уклон основного водотока в промилле;

$\alpha_{взв}$ – средневзвешенная озерность водосбора, %;

$$\alpha_{взв} = \alpha \left(\frac{F_{зар}}{F} \right); \quad (4.8)$$

α – озерность в процентах от общей площади водосбора;

$F_{зар}$ – площадь водосбора, зарегулированная озерами, км²;

β – травяные и закустаренные болота в процентах от общей площади водосбора;

φ – леса на болотных землях в процентах от общей площади водосбора;

γ – леса на минеральных землях в процентах от общей площади водосбора;

δ – густота речной сети (отношение суммарной длины всех водотоков свыше 2 км к общей площади водосбора), км⁻¹;

η – коэффициент формы водосбора (отношение площади водосбора к квадрату длины основного водотока);

B – средняя ширина водосбора (отношение площади водосбора к длине основного водотока), км.

Необходимые для расчетов физико-географические характеристики водосбора (площадь, уклон, озерность, заболоченность, лесистость и т.д.) приведены в задании на проектирование.

Параметры «А» для вычисления модулей стока и «а» для вычисления коэффициента вариации по основным метеостанциям Республики Беларусь приведены в приложении 14.

Модули максимумов весеннего половодья, летне-осенних паводков и бытового стока расчетной обеспеченности (см. табл. 4.1) определяются по формуле

$$q_p = K_p \bar{q}, \quad (4.9)$$

где K_p – модульный коэффициент, определяемый по таблицам трехпараметрического гамма-распределения С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля и по таблицам биномиальных асимметричных кривых обеспеченности.

Значения модульных коэффициентов K_p принимаются из приложений 15 и 16. При этом коэффициенты асимметрии назначаются следующим образом.

Коэффициент асимметрии для максимума весеннего половодья принимается равным удвоенному значению коэффициента вариации.

Коэффициент асимметрии для максимума летне-осенних паводков принимается равным:

для бассейна р. Западная Двина $C_s = 2C_v$;

для бассейнов р. Неман и левобережных притоков р. Припять $C_s = 3C_v$;

для бассейнов р. Днепр, Березина, Сож и правобережных притоков р. Припять $C_s = 4C_v$.

Коэффициент асимметрии для бытового стока принимается равным утроенному значению коэффициента вариации.

Расход (Q_n , л/с) открытого проводящего канала, формирующийся в его рассматриваемом сечении (створе) за счет поверхностного стока, определяется по формуле

$$Q_n = q_p F_v, \quad (4.10)$$

где q_p – модуль поверхностного стока расчетной обеспеченности для соответствующего гидрологического периода, л/(с·км²);

F_v – площадь водосбора относительно расчетного створа, км².

При впадении в открытый канал выше расчетного створа закрытой проводящей сети общий его расход Q определяется как сумма расходов Q_n и дренажного стока Q_d .

$$Q = Q_n + Q_d. \quad (4.11)$$

В этом случае рассчитывается модуль дренажного стока:

$$q_d = 115,7 \text{ г}, \quad (4.12)$$

где q_d – модуль дренажного стока, л/(с·га);

q – средний за расчетный период приток воды к дренам, м/сут (определяется в п. 3.3).

Дренажный сток (Q_d , л/с) определяется умножением q_d на водосборную площадь дренажной системы (F_d , га).

Пример гидрологических расчетов открытого канала приведен в приложении 17.

5. Гидравлические расчеты открытой проводящей и огражденной сети

Задачами гидравлического расчета открытой проводящей и огражденной сети являются: а) проверка и уточнение предварительных (минимальных) параметров поперечного сечения канала, полученных при построении его продольного профиля; б) определение минимальной и максимальной скоростей движения воды в канале для проверки на заиливание, размыв и определения типов креплений его русла.

Первая задача решается для каналов с водосборной площадью более 5 км².

Проверка первоначально запроектированных параметров канала может осуществляться двумя путями.

Вариант 1. По расчетному расходу (Q , м³/с) находится фактическая глубина воды в канале (h_f , м), которая сопоставляется с проектной (h_n , м), т.е. допустимой по табл. 4.1. При этом должно выполняться условие $h_f \leq h_n$.

Вариант 2. По рассчитанной глубине h_f находится возможная пропускная способность канала ($Q_{пр}$, м³/с), которая должна быть больше или равна расчетному расходу канала Q .

Предпочтительным является первый путь расчетов, поскольку он позволяет наглядно проверять и корректировать положение уровней воды на профиле канала.

Исходными данными для гидравлических расчетов являются:

- расчетные расходы канала для периодов, приведенных в табл. 4.1;
- предварительно принятые параметры канала (гидравлический уклон i , равный проектному уклону его дна; ширина канала по дну b , м; заложение откосов канала m , коэффициент шероховатости n).

Расчеты выполняются общеизвестными в гидравлике методами. При этом могут использоваться соответствующие компьютерные программы, имеющиеся на кафедре. С целью изучения влияния парамет-

ров канала на его гидравлический режим и овладения методикой вычислений в курсовом проекте выполняется «ручной» расчет для одного сечения канала графоаналитическим способом по варианту 1.

Для определения зависимости глубины канала от его расхода находят значения расходов Q для различных глубин воды в канале h_f и принятых его параметрах i, b, m, n .

В расчетах используются следующие формулы

$$Q = \omega V = \omega C \sqrt{Ri}; \quad (4.13)$$

$$\omega = (b + mh)h; \quad (4.14)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y; \quad (4.15)$$

$$R = \frac{\omega}{\chi}; \quad (4.16)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}; \quad (4.17)$$

$$Y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (4.18)$$

где V – скорость течения воды, м/с;

C – скоростной коэффициент;

h – глубина воды в канале, м;

ω, R, χ – соответственно живое сечение канала (m^2), гидравлический радиус и смоченный периметр сечения, м.

Расчеты выполняют в табличной форме (пример в табл. 4.2.)

Т а б л и ц а 4.2. Гидравлический расчет открытого канала

h, м	ω, m^2	χ, m	R, м	Y	C	V, м/с	$Q, m^3/c$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,2	0,18	1,32	0,14	0,28	19,2	0,31	0,05
0,4	0,48	2,04	0,24	0,28	22,5	0,47	0,22
0,6	0,90	2,76	0,33	0,27	24,7	0,60	0,54
1,0	2,10	4,21	0,50	0,26	27,8	0,83	1,75
1,5	4,28	6,01	0,71	0,26	30,5	1,09	4,67
2,0	7,20	7,81	0,92	0,25	32,4	1,32	9,49

В приведенном примере приняты следующие исходные данные:

- ширина канала по дну $b = 0,6$ м;
- заложение откосов канала $m = 1,5$;
- коэффициент шероховатости $n = 0,030$;
- гидравлический уклон $i = 0,0018$.

В результате расчетов по данным колонок 1 и 8 таблицы 4.2 строится график зависимости $h = f(Q)$, приведенный на рис. 4.1.

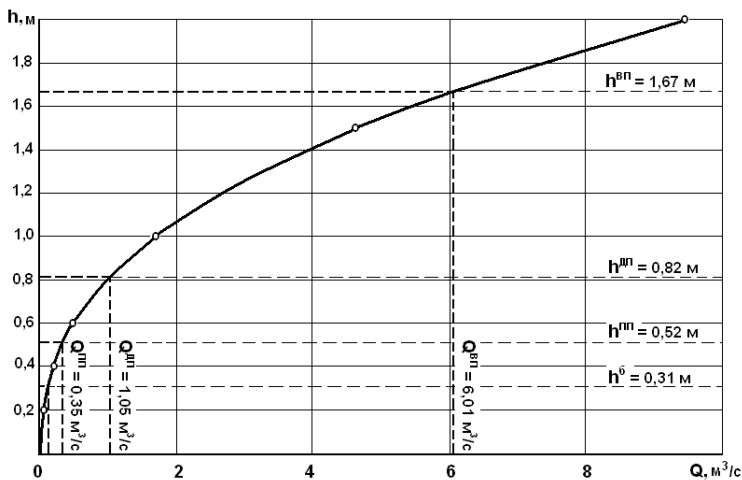


Рис. 4.1. График зависимости глубины воды в канале от расхода

На данный график наносятся значения фактических расходов воды, полученные в результате гидрологических расчетов $Q^{\text{ВП}}$, $Q^{\text{ДП}}$, Q^{III} , $Q^{\text{б}}$ (см. приложение 17) и снимаются соответствующие им глубины воды в канале.

Далее полученные для данных параметров канала глубины воды наносятся на продольный профиль канала и проверяются требования по уровненным условиям пропуска расчетных расходов воды, приведенные в табл. 4.1.

В состав гидравлических расчетов входит определение максимальной (V_{max} , м/с) и минимальной (V_{min} , м/с) скоростей движения воды в канале в диапазоне расчетных расходов. При этом анализируются данные колонок 7 и 8 в табл. 4.2, либо строится аналогичный рис. 4.1 график зависимости $V = f(Q)$. Фактические максимальная и минимальная скорости затем сравниваются с допустимыми скоростями соответственно на размыв и заиление. Минимальная незаиляющая скорость

составляет 0,2–0,3 м/с, а значения максимальных неразмывающих скоростей в зависимости от вида грунтов приведены в приложении 18.

При выполнении указанных выше условий пропуски расчетных расходов воды по уровням и допустимым скоростям гидравлические расчеты канала считаются законченными без корректировки профиля канала.

В случаях, когда уровни воды не удовлетворяют условиям таб. 4.1, либо фактическая скорость воды в канале выходит из допустимого диапазона, необходимо выполнить соответствующие корректировки проектных параметров канала (продольного уклона и поперечного сечения). Если уменьшить скорость воды за счет допустимых корректировок не удастся, то следует подобрать соответствующий тип крепления канала (по приложению 18).

4.2.2. Закрытые коллекторы. Гидравлический расчет закрытого коллектора выполняется в целях определения изменения его диаметра в зависимости от нарастания водосборной площади и оценки скорости движения в нем воды. Расчеты проводятся в предположении, что коллектор работает полным сечением в безнапорном режиме. В этом случае порядок расчета коллектора из керамических труб состоит в следующем.

На плане мелиоративной системы выбирается конкретная система коллектора с дренами. Расчет удобнее вести от истока коллектора к устью, определяя точки перехода меньшего диаметра коллектора – на больший.

Минимальный диаметр начальной части керамического коллектора принимается равным 75 мм (0,075 м), пластмассового – в зависимости от принятого диаметра регулирующей сети.

Расход воды, который обеспечит коллектор диаметра 75 мм (Q_{75} , м³/с), вычисляется по формуле

$$Q_{75} = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot i}, \quad (3.19)$$

где ω – площадь живого сечения коллектора, м²;

C – скоростной коэффициент;

R – гидравлический радиус, м;

i – уклон коллектора.

Водосборная площадь коллектора с данным расходом будет равна

$$f_{75} = \frac{1000 \cdot Q_{75}}{q_{д}}, \quad (3.20)$$

где f_{75} – площадь дренажа, обслуживаемая коллектором с диаметром

75 мм, га;

q_d – модуль дренажного стока, л/(с·га).

Имея значения f_{75} и зная схему расположения дрен на плане, легко определить длину участка коллектора диаметром 75 мм и точку перехода на следующий диаметр 100 мм. Аналогичным образом определяются длины участков коллектора с диаметрами 100, 125 мм и т. д.

В практике проектирования дренажных систем гидравлические расчеты коллекторов выполняются с помощью специальных номограмм, таблиц [7] и компьютерных программ.

В курсовом проекте выполняется гидравлический расчет канала в одном его сечении (как правило, в устьевом) и расчет одного закрытого коллектора.

ТЕМА 3. ОСНОВЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

Практическая работа 6. Определение поливных и оросительных норм

Цель – изучить элементы осушительной мелиоративной системы

Задачи.

1. Изучить виды и классификации осушительных систем.
2. Рассчитать поливную и оросительную норму для заданных условий.

Полivная норма – это количество воды в мм слоя (или в м на 1 га площади), подаваемое за один полив для повышения влажности расчетного слоя почвы от нижней до верхней границы диапазона оптимального увлажнения. Она рассчитывается по одной из следующих формул:

$$m = 10h\gamma_{об}(\beta_v - \beta_n), \quad (4.11)$$

$$m = 10h(\beta_{об_v}^{об} - \beta_{об_n}^{об}), \quad (4.12)$$

$$m = 10Ah(\beta_v^A - \beta_n^A), \quad (4.13)$$

где m – поливная норма, мм;

h – глубина расчетного увлажняемого слоя, м;

$\gamma_{об}$ – плотность почвы, г/см³;

A – пористость почвы, % от ее объема;

β_v, β_n – соответственно влажность почвы при верхней и нижней границах оптимального увлажнения, % от массы сухой почвы;

$\beta_{об_v}^{об}, \beta_{об_n}^{об}$ – то же, но в % от объема почвы;

β_v^A, β_n^A – то же, но в % от пористости.

В качестве верхнего предела оптимального увлажнения принимается наименьшая влагоемкость почвы (НВ). При этом выбор конкретной расчетной формулы поливной нормы определяется размерностью НВ ($\beta_v, \beta_{об_v}^{об}, \beta_v^A$), указанной в задании.

Нижний предел оптимального увлажнения, или предполивная влажность почвы (β_n), зависит от вида культуры, фазы ее развития, почв участка и определяется обычно в процентах от НВ. Рекомендуемые значения β_n приведены в табл. 6.1.

Глубина расчетного увлажняемого слоя h , исходя из почвенно-климатических условий Беларуси (пересыхает только верхний слой

почвы, а также возможно выпадение осадков вслед за поливами), рекомендуется в пределах 0,3–0,4 м.

Таблица 6.1. Предполивная влажность почвы при орошении сельскохозяйственных культур, % от НВ

Культура	Пределы изменения	Среднее значение
Пастбище	70–80	75
Клевер	75–85	80
Капуста поздняя	75–85	80
Картофель	65–75	70
Яблоневый сад	70–80	75

В проектной практике поливные вегетационные нормы для условий Беларуси рекомендуются следующие: песчаные почвы – 15–20 мм, супесчаные – 20–25, суглинистые – 25–30 мм. В случае несоответствия расчетной поливной нормы рекомендуемым выше диапазонам окончательно принимается ближайшая к расчетной рекомендуемая величина. Принятые в проекте поливные нормы округляются до 1 мм.

Пример расчета поливной нормы. Исходные данные: почвы участка супесчаные, влажность почвы при верхней границе оптимального увлажнения 23,8 % от массы сухой почвы, $\gamma_{об} = 1,56$ г/см³, орошаемая культура - капуста поздняя. Принимаем $h = 0,3$ м; $\beta_n = 80$ %. Поскольку влажность при НВ задана в % от массы почвы, для расчета используем формулу (4.1), согласно которой

$$m = 10 \cdot 0,3 \cdot 1,56 \cdot (23,8 - 0,80 \cdot 23,8) = 22,3 \text{ мм.}$$

Данная величина попадает в рекомендуемый для супесей диапазон, поэтому, округлив ее до величины, кратной 5 мм, получаем $m = 25$ мм.

Студентам следует выполнить расчет по индивидуальному варианту (пример в табл. 6.2).

Таблица 6.2. Исходные данные для расчета по вариантам

Показатели	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Метеостанция	Горки	Могилев	Гомель
Гранулометрический состав почв	Суглинок	Легкий суглинок	Супесь
Расчетный слой, м	0,3	0,3	0,5
Влажность от пористости (А, % от НВ)	33,9	33,6	30,1
Культура	Газонная трава	Газонная трава	Парк с плодовыми деревьями

Практическая работа 7. Изучение особенностей расположения закрытой оросительной сети в горизонтальной плоскости

Цель работы – изучить основные элементы трубчатой оросительной сети и принципы ее проектирования.

Задачи:

1. Изучить составляющие напорной оросительной сети.
2. Разработать схему оросительной сети на плане участка.

Материалы и оборудование : план участка.

Закрытая напорная оросительная сеть состоит, как правило, из магистрального или главного трубопровода (МТ или ГТ), распределительных трубопроводов разного порядка (РТ) и полевых трубопроводов (ПТ).

По расположению на плане трубчатая оросительная сеть может быть тупиковой или закольцованной (рис. 9.1), с одно- и двухсторонним ответвлением трубопроводов младшего порядка относительно трубопроводов старшего порядка [4].

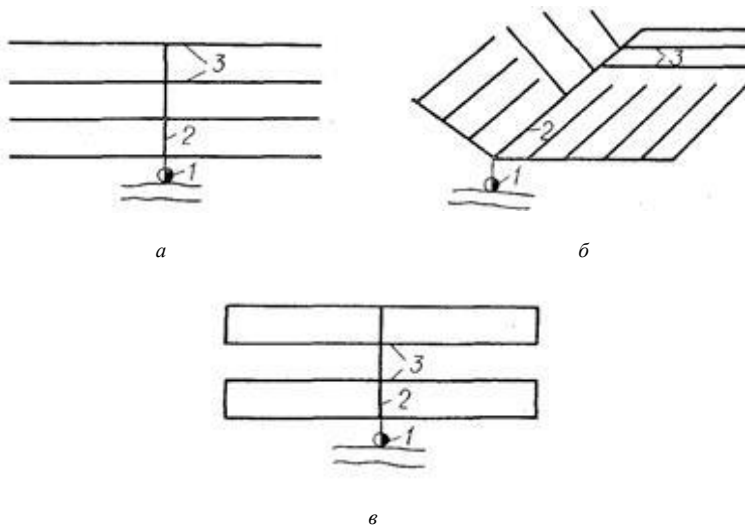


Рис. 7.1. Схема оросительной сети: *а* и *б* – тупиковая; *в* – закольцованная;
1 – насосная станция; *2* – распределительный трубопровод;
3 – полевой трубопровод

При выборе конкретной схемы оросительной сети учитываются вид и схема работы дождевальной техники, размеры, конфигурация и рельеф участка, организация его территории и наличие ситуации. Предпочтение следует отдавать тупиковой схеме с двухсторонним расположением РТ и ПТ. Целесообразно двухстороннее командование полевых трубопроводов и использование полной длины крыльев дождевальных машин. При этом на повышенных уклонах дождевальные машины следует располагать поперек общего уклона поверхности, тогда полевые и распределительные трубопроводы разместятся соответственно вдоль и поперек поверхности.

В итоге при выборе оптимальной плановой схемы расположения оросительной сети необходимо стремиться к наименьшей суммарной длине трубопроводов, наименьшему коэффициенту земельного использования и минимальной сумме капитальных затрат.

1. Для выполнения задачи 1 следует изучить состав элементов закрытой оросительной сети (рис. 9.2).

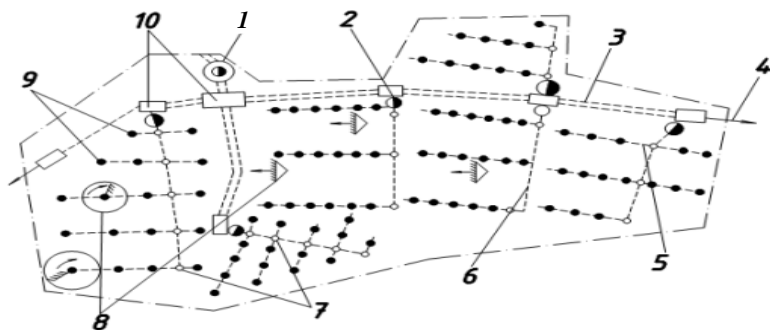


Рис. 9.2. Схема закрытой оросительной сети: 1 – головная насосная станция; 2 – насосная станция подкачки; 3, 5, 6 – магистральные, распределительные и полевые трубопроводы; 4 – конечные сбросы; 7 – колодцы с задвижками; 8 – дождевальные машины; 9 – гидранты; 10 – регулирующие бассейны

2. На плане выбираем контуры, наиболее пригодные для размещения овощных культур и многолетних насаждений (плодовых деревьев и ягодных кустарников). При этом учитываем, что овощные участки при отсутствии избыточного увлажнения целесообразно располагать ближе к водисточнику с учетом возможности

последующего орошения. Ягодники также следует располагать на менее увлажненных местах.

Участки орошаемого севооборота должны иметь по возможности спокойный рельеф, однородные почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия.

Поля севооборота размещаются с соблюдением следующих требований:

- равновеликость по площади, что обеспечивает равномерность в использовании рабочей силы и машин;
- каждое поле севооборота должно иметь удобную, по условиям механизации, форму и достаточные размеры;
- границы севооборотных участков следует проектировать по возможности прямолинейными, сообразуясь с естественными границами (лощины, овраги, реки), каналами мелиоративной системы.

Кроме того, при поливе дождеванием ширина поля или участка орошения должна быть кратна ширине захвата дождевальной машины.

3. На выбранных контурах разрабатываем схему оросительной сети. Ширину между полевыми трубопроводами закладываем из расчета использования дождевателя колесного широкозахватного ДКШ-64 «Волжанка».

Полив ДКШ осуществляется с забором воды от гидрантов закрытой оросительной сети, расположенных через 18 м. Оба крыла работают одновременно и отдельно друг от друга, их присоединяют к разным гидрантам. В зависимости от размеров поливного участка дождевальное крыло можно уменьшать на определенное количество секций. При полной длине крыльев (каждое по 395,8 м) расстояние между полевыми трубопроводами составляет 800 м, расход воды – 64 л/с.

ТЕМА 4. КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

Практическая работа 8. Составление технологической схемы и определение объемов культуртехнических работ при освоении земель

Цель работы - освоить методику составления культуртехнической карты работ для первично осваиваемых земель по их почвенно-мелиоративным характеристикам.

Задачи.

1. Оценить исходное состояние земельного фонда по имеющемуся ситуационному плану.

2. Назначить виды и определить объемы культуртехнических, агрохимических и других мелиоративных мероприятий.

На плане условными обозначениями указаны границы контуров, водоприемник, дана подробная почвенно-мелиоративная и культуртехническая характеристика [4]. Почвы студентом оцениваются по данным индивидуального задания, приведенным в табл. 3.1.

Таблица 8.1. Исходные данные для оценки почвенного плодородия и расчета табл. 3.4 (индивидуальное задание по вариантам)

Индекс и разновидность почв	Вариант 1				Вариант 2				Вариант 3			
	рН	P ₂ O ₅ K ₂ O		Гумус, см	рН	P ₂ O ₅ K ₂ O		Гумус, см	рН	P ₂ O ₅ K ₂ O		Гумус, см
		мг/100 г почвы				мг/100 г почвы				мг/100 г почвы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I. Дерново-подзолистые, глинистые, глеевые	5,2	9	12	14	5,0	8	10	17	5,5	9	12	16
II. Подзолистые, глееватые, суглинистые	4,9	8	15	15	4,9	7	8	18	5,7	6	9	17
III. Дерново-подзолистые, глееватые, супесчаные	5,1	11	11	16	5,2	6	12	19	5,0	11	15	18
IV. Дерново-подзолистые, песчаные, илова-	5,2	16	21	19	5,1	12	14	20	5,4	9	7	19

тыс												
V. Торфяные	4,0	50	120	120	4,7	35	40	150	4,3	38	46	150

1. Приступая к оценке современного состояния земельного фонда, необходимо изучить условные обозначения (даны в прил.). Научиться читать план.

На основании этих данных составить почвенно-мелиоративную характеристику земельного участка (табл. 8.2).

Таблица 8.2. Почвенно-мелиоративная характеристика земельного участка

Индекс почвенной разновидности	№ контура	Площадь, га	Механический состав почвы	Чистые земли	Древесная растительность, шт/га			Кустарник, %		
					1-5	5-10	>10	30	30-60	>60
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Итого...										

Продолжение табл. 8.2

Индекс почвенной разновидности	Закочкарность, %			Пнистость			Засоренность камнями, м ³ /га		
	До 25	25-60	>60	малая	средняя	большая	5-20	21-50	>50
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Окончание табл. 8.2

Индекс почвенной разновидности	Характер микрорельефа, м ³ /га			Обеспеченность, мг/100 г почвы		Мощность гумусового горизонта, см	рН
	200	200-250	>250	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1	21	22	23	24	25	26	27

По результатам оценки почвенно-мелиоративного состояния определить оптимальную последовательность операций, объемы культуртехнических работ и составить карту культуртехнических работ (табл. 8.3).

Студент согласно своему варианту подбирает способ выполнения культуртехнических работ [1, 2].

Примеры технологических схем на проведение отдельных видов культуртехнических работ и перечень наиболее часто используемых

машин и механизмов для их выполнения представлены в прил. 2–6 [4, 5].

Таблица 8.3. Объемы культуртехнических работ

Наименование мероприятий	Объем работ на участке	Способ выполнения работ	Марка техники
Корчевка, уборка и вывозка камней на расстоянии до 50 м при засоренности: слабой (5–20 м ³ /га) средней (21–50 м ³ /га) сильной (>50 м ³ /га)			
Корчевка, уборка и вывозка пней, засыпка ям, зачистка площадей после корчевки при пнистости: малой средней большой			
Корчевка отдельно стоящих деревьев, вывозка их на расстояние 200 м и зачистка площадей при числе на 1 га: до 5 шт. 5–10 шт. 10–20 шт.			
Срезка тонкомерного леса и кустарника кусторезом, очистка площади от срезанной древесины при густоте: редкой (до 30 % покрытия) средней (30–60 %) большой (>60 % покрытия)			
Уничтожение кустарника запахиванием с последующей разделкой и прикатыванием пласта			
Срезка и уничтожение кочек при закочкаренности: слабой (до 25 %) средней (25–60 %) большой (>60 %)			
Первичная обработка земель, очищенных от древесно-кустарниковой растительности: торфяные почвы минеральные почвы			
То же незакустаренных: торфяные почвы минеральные почвы			
Планировка поверхности при микрорельефе: слаборазвитом (до 200 м ³ /га) среднеразвитом (200–250 м ³ /га) сильноразвитом (более 250 м ³ /га)			

На стадии первичного окультуривания мелиорируемых земель необходимо довести показатели агрохимических свойств до показателей плодородия не ниже среднего (прил. 7).

На основании данных об исходном плодородии земель (табл. 3.1) с учетом перечня запланированных мелиоративных работ (табл. 3.3) установить общее количество извести и минеральных удобрений, подлежащих внесению для повышения плодородия земель, и заполнить табл. 3.4.

При этом необходимо придерживаться следующей последовательности:

- предусмотреть снижение кислотности почвы и повышение элементов питания до среднего значения в интервале, указанном в прил. 7;

- для повышения содержания P_2O_5 и K_2O на 1 мг в 100 г почвы использовать данные прил. 8,

- примерные дозы внесения извести на кислых почвах взять из прил. 9.

На участках, где мощность пахотного слоя менее 22 см, необходимо предусмотреть мероприятия по его углублению. Дозы органических удобрений при углублении пахотного слоя с низким уровнем плодородия (в зависимости от механического состава почв) приведены в прил. 10.

При проведении мелиоративных работ за счет нарушения верхнего слоя естественное плодородие почв снижается. Для его восстановления необходимо предусмотреть внесение органических удобрений (прил. 11). При выполнении на одном и том же участке нескольких видов работ общую дозу органических удобрений рассчитать по формуле

$$D = D_1 + (D_2 + \dots + D_n) / (n - 1), \quad (3.1)$$

где D_1 – доза удобрений, связанная с работой, приводящей к наибольшей потере плодородия почвы, т/га; $D_2 \dots D_n$ – дозы для других видов работ, т/га; n – количество видов работ.

Полученные результаты следует занести в табл. 3.4 и сделать вывод о культуртехническом состоянии осваиваемых земель и объеме необходимых работ. В целом при выполнении этого упражнения необходимо руководствоваться рекомендованной литературой.

Таблица 3.4. Расчет потребности органических и минеральных удобрений, доз извести для доведения плодородия почв не ниже среднего

Индекс почв	№ контура	Площадь, га	рН, факт.	Внесение извести		P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы, факт.	Внесение фосфорных удобрений	
				Доза, т/га	Кол-во, т/га		Доза, кг/га	Кол-во, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Итого								

Окончание табл. 3.4

Индекс почв	K ₂ O, мг/100 г почвы, факт.	Внесение калийных удобрений		Доза органических удобрений		Количество органических удобрений, т	Мощность гумусового слоя, см, факт.	Внесение органических удобрений	
		Доза, кг/га	Количество, кг	По видам работ Д ₁ , Д ₂ ...Д _n , т/га	Общая Д, т/га			Доза, т/га	Количество, т
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Итого									

Тема 5. Осушение сельских аэродромов и спортивных площадок

Практическая работа 9. Изучение особенностей расположения осушительной сети на территориях сельских аэродромов и спортивных площадок

Цель работы - освоить методику составления культуртехнической карты работ для первично осваиваемых земель по их почвенно-мелиоративным характеристикам.

Задачи.

1. Оценить исходное состояние земельного фонда по имеющемуся ситуационному плану.

2. Назначить виды и определить объемы культуртехнических, агрохимических и других мелиоративных мероприятий.

ТЕМА 6. ОСУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Практическая работа 10. Рекультивация карьера торфяной выработки

Цель работы - освоить методику составления культуртехнической карты работ для первично осваиваемых земель по их почвенно-мелиоративным характеристикам.

Задачи.

1. Изучить основные направления использования рекультивируемых карьеров.
2. Составить вертикальный план планировки.

1. Рекультивационные мероприятия являются средством восстановления ландшафтов, нарушенных добычей нерудных ископаемых и выработанных торфяных месторождений, а также улучшения санитарно-гигиенических условий природной среды.

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

Работы по рекультивации земель, как правило, выполняются последовательно в два этапа: технического и биологического.

Целью технической рекультивации является подготовка нарушенной поверхности для последующей биологической рекультивации.

Биологическая рекультивация включает мероприятия по восстановлению плодородия нарушенных земель, прошедших техническую рекультивацию, для последующего использования: а) в сельском хозяйстве; б) в лесном хозяйстве; в) в рыбном хозяйстве. В данном упражнении рассматривается вариант использования рекультивируемых земель для сельскохозяйственных целей.

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 земель, быть удобными для выполнения сельскохозяйственных работ, иметь уровень грунтовых вод, обеспечивающий оптимальные условия для произрастания растений.

Рекультивация земель для использования в лесном хозяйстве проводится на малопродуктивных землях, в основном песчаных и супесчаных, когда на породе по тем или иным причинам не наносится пере-

гнойный гумусовый горизонт, и на территориях, где тщательное выравнивание и планировка являются экономически нецелесообразными.

Для рыбного хозяйства в основном используются глубокие карьеры из-под глин и суглинков.

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 и дается характеристика нарушенных земель.

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.

При вовлечении рекультивируемых карьеров в сельскохозяйственное использование их откосы выполаживают. Чтобы не застаивалась вода уклон спланированной поверхности не должен превышать 4° и не должно быть замкнутых понижений. Перед засышкой 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.

При использовании рекультивируемых земель в лесном хозяйстве необходимо выполнить следующие виды работ: подготовку поверхности (снятие плодородного слоя на прилегающей территории); организацию рельефа дна и откосов (создание бортов карьера с уклоном на круге 1:10) с целью обеспечения стока талых и ливневых вод в пониженное место с выходом на существующий рельеф; планировку всей рекультивируемой площади; покрытие спланированной площади плодородным слоем (20...30 см), сохраняемым во внешних отвалах.

При рыбохозяйственном использовании рекультивируемых земель после планировки ложе водоема рыхлят на глубину 5...7 см и вносят 1...3 ц/га перегной или навоза. Кислые почвы одновременно известкуют (до $\text{pH} > 7$). Вода должна быть пригодной для жизни рыб. Фосфорные и азотные удобрения вносят как по сухому ложу, так и по воде. Норма минеральных удобрений за сезон составляет: аммиачной селитры – 2...5, суперфосфата – 1...2,5 ц/га. Аммиачную воду вносят за 7 дней до затопления пруда.

В зависимости от вида нарушения почвенного покрова подбирают метод определения объемов работ по рекультивации.

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.

2. При составлении проекта вертикальной планировки естественную поверхность называют фактической, а преобразованную – проектной, которые характеризуются соответственно фактическими и проектными отметками.

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.

Основное содержание вертикальной планировки заключается в преобразовании существующей топографической поверхности в другую. Проектирование вертикальной планировки осуществляется различными методами.

По способам расчета проектных отметок различают аналитический, графический и графоаналитический способы.

По способу изображения преобразованного рельефа различают способ профилей (для небольших карьеров простой конфигурации), проектных горизонталей и отметок (при значительных размерах и сложной конфигурации карьеров). Приведем сущность первого способа и методику его проектирования.

1. Каждому студенту выдается план карьера, на который наложена сетка квадратов со стороной 20 м на местности.

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 рассматриваем-

мом примере ограничились одним продольным (рис. 10.2а) и девятью поперечными профилями.

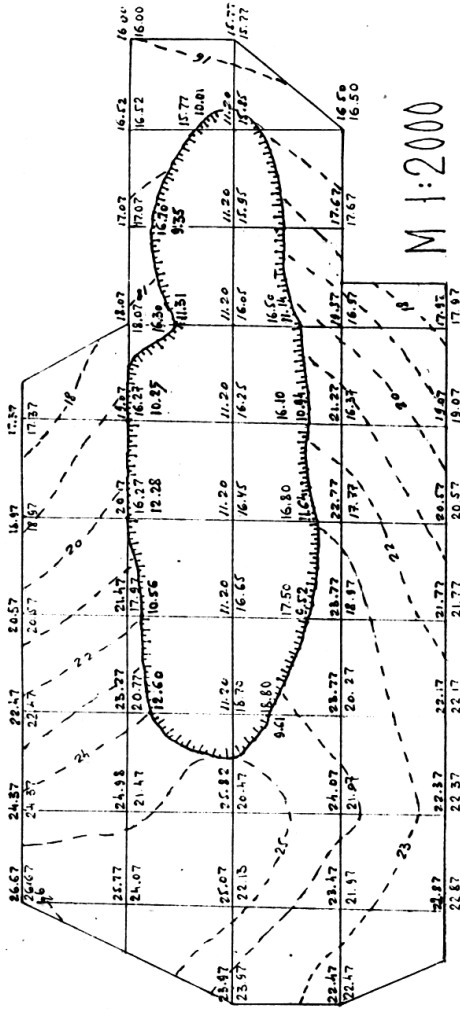


Рис.10.1. План карьера.

3. На поперечном профиле, расположенном примерно посередине карьера (рис. 10.2), намечается предварительно проектная линия с условием минимума и баланса земляных масс. Для этого откосы проектируются с максимально допустимыми уклонами (не более 40). Чтобы ускорить работу, целесообразно заготовить шаблон, построив на прозрачной основе линии с максимально допустимыми уклонами. Для соблюдения баланса земляных масс сравниваются площади сечений срезок 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

$$V = \frac{M_{\Gamma} M_{\text{в}} l \cdot S}{10000}, \quad (10.1)$$

где M_{Γ} 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, см².

При определении площадей точечной палеткой с ценой точки 0,25 см² для $M_{\Gamma} = 5000$, $M_{\text{в}} = 100$ и $l = 20$ м получим рабочую формулу

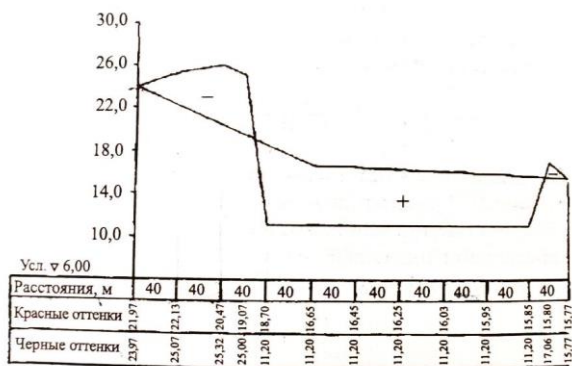
$$V = 25n, \quad (10.2)$$

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

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 $M_{\Gamma} = 2000$, $M_{\text{в}} = 200$, $l = 40$ м. Поэтому рабочая формула для определения объемов земляных масс будет иметь вид

$$V = 1600s \text{ м}^3. \quad (10.3)$$



a



b

Рис. 10.2. а - Продольный профиль; б - Поперечный профиль карьера.

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 (рис. 9.2).

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 горизонтали (рис. 10.3).

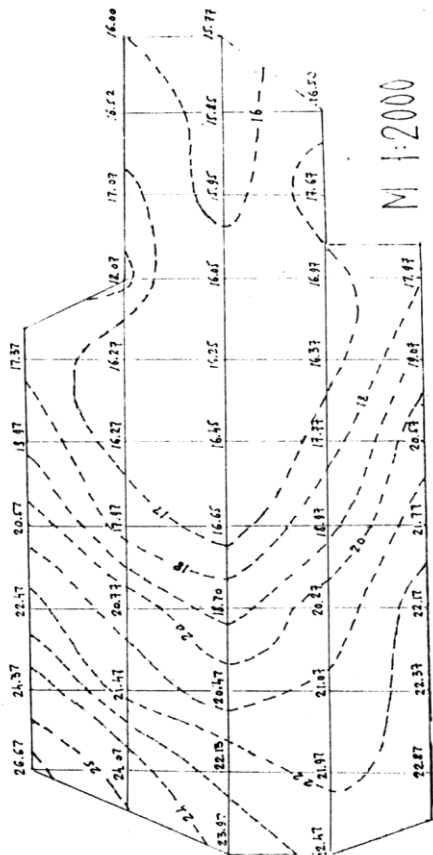


Рис. 10.3. План организации рельефа

8. На основании полученных данных строится картограмма земляных масс (рис. 9.4) и составляется проект технической рекультивации карьера (рис. 9.5). На картограмме показываются 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.

Перед началом строительных работ проекты рекультивации выносятся 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.

Земли, прошедшие техническую рекультивацию, возвращаются прежним пользователям или другим хозяйствам для выполнения комплекса работ по первичному освоению и биологической рекультивации.

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 в республике 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.

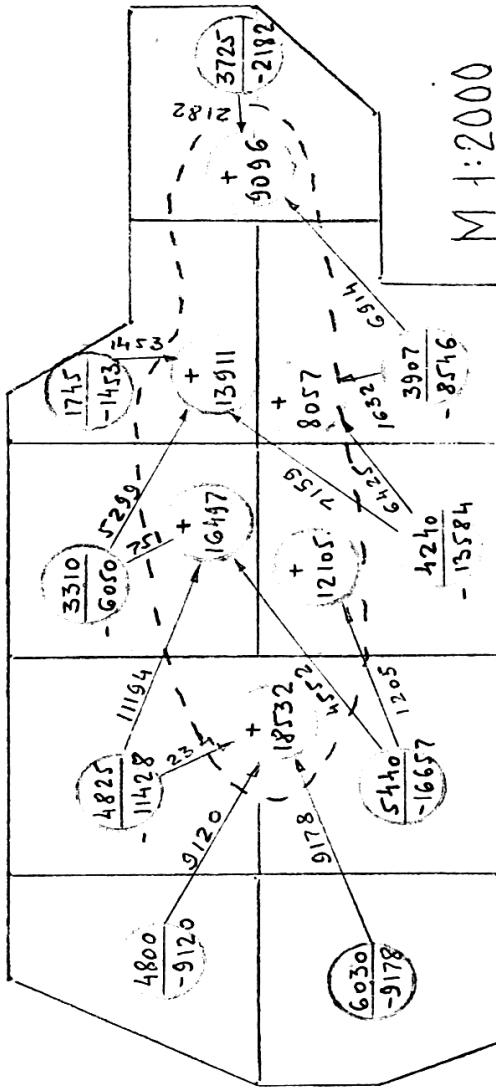


Рис. 10.4. Картограмма земляных работ

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 2

**Суммы среднесуточных температур воздуха апрель - сентябрь
разной обеспеченности по метеостанциям Беларуси, °С**

№ пп.	Метеостанция	Обеспеченность, %			
		10	25	50	75
1	Бобруйск	2806	2654	2528	2402
2	Борисов	2739	2591	2468	2345
3	Брагин	2898	2767	2635	2503
4	Брест	2912	2779	2647	2515
5	Василевичи	2875	2745	2614	2483
6	Витебск	2775	2602	2478	2354
7	Вилейка	2716	2546	2425	2304
8	Гомель	2913	2780	2648	2516
9	Горки	2656	2490	2371	2252
10	Гродно	2738	2613	2489	2365
11	Житковичи	2885	2754	2623	2492
12	Жлобин	2911	2755	2623	2491
13	Ивацевичи	2812	2684	2556	2428
14	Костюковичи	2781	2630	2505	2380
15	Лельчицы	2922	2789	2656	2523
16	Лепель	2713	2543	2422	2301
17	Лида	2698	2553	2431	2309
18	Марьина Горка	2729	2582	2459	2336
19	Минск	2695	2549	2428	2307
20	Могилев	2753	2604	2480	2356
21	Новогрудок	2661	2495	2376	2257
22	Орша	2692	2524	2404	2284
23	Пинск	2882	2751	2620	2489
24	Полоцк	2659	2493	2374	2255
25	Пружаны	2784	2658	2531	2404
26	Слуцк	2778	2651	2525	2399
27	Чечерск	2861	2707	2578	2449
28	Шарковщина	2641	2476	2358	2240

Приложение 4
Нормы осушения для торфяных почв, м

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Норма осушения					
	в предпосевной период	в середине вегетационного периода				
		для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв		для торфяных почв		
рас- четная	допу- стимая	рас- четная	допу- стимая	рас- четная	допу- стимая	допу- стимая
Сенокосные земли	0,4	0,6	0,6	1,0	0,8	1,2
Пастбищные земли	0,5	0,8	0,7	1,0	0,9	1,2
Зерново-травяной севооборот с преобладанием зерновых	0,5	0,8	0,8	1,2	1,0	1,4
Зернотравяной севооборот с преобладанием трав	0,5	0,8	0,7	1,1	0,8	1,3

Приложение 5
Нормы осушения для минеральных почв, м

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Норма осушения (а)					
	в предпосевной период	в середине вегетационного периода				
		для песчаных и супесчаных почв		для глинистых и суглинистых почв		
рас- четная	допу- стимая	рас- четная	допу- стимая	рас- четная	допу- стимая	допу- стимая
Полевые севообороты	0,4	0,8	0,7	1,2	0,8	1,4
Кормовые севообороты с преобладанием трав	0,4	0,7	0,7	1,1	0,8	1,2
Кормовые севообороты с преобладанием пропашных	0,5	0,8	0,8	1,2	0,9	1,3
Пастбищные земли	0,4	0,7	0,7	1,0	0,8	1,1
Сенокосные земли	0,3	0,7	0,6	0,9	0,7	1,1

Приложение 6

Биоклиматические коэффициенты K_6 водопотребления сельскохозяйственных культур

Культура	апрель			май			июнь			июль			август			сентябрь		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Сельскохозяйственные культуры на минеральных почвах																		
Пастбище	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	0,85	0,85	$\frac{0,8}{5}$	$\frac{0,9}{1}$	0,91	0,91	1,06	1,06	1,06	0,94	0,94	0,94	0,72	0,72	0,72	<i>0,6</i>
Капуста поздняя	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	0,83	0,98	1,06	1,13	1,19	1,24	1,23	1,06	0,91	0,78	0,64	0,55	<i>0,5</i>
Морковь	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,50</i>	0,59	0,72	0,80	0,97	1,16	1,22	1,24	1,16	0,91	0,72	0,53	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
Свекла столовая	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,50</i>	0,50	0,56	0,74	0,90	1,03	1,06	1,22	1,11	0,98	0,88	0,70	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
Картофель	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,50</i>	<i>0,5</i>	<i>0,50</i>	0,74	0,82	0,93	1,14	1,26	1,18	0,98	0,86	0,71	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
пшеница, ячмень	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,50</i>	<i>0,5</i>	0,68	0,80	0,89	1,05	1,20	1,26	1,16	1,01	0,83	0,59	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>
Сельскохозяйственные культуры на торфяных почвах																		
Пастбище	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	1,14	1,14	1,14	1,11	1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	0,73	0,73	0,73	<i>0,6</i>
Многолетние травы	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	0,87	1,03	1,54	1,06	0,97	0,80	1,33	1,52	1,11	1,18	0,51	0,74	0,97	0,62	<i>0,6</i>

Примечание: курсивом выделены значения K_6 за пределами вегетационного периода сельскохозяйственных культур (коэффициенты испарения с поверхности почвы): для пашни – *0,5*; для многолетних трав – *0,6*.

Приложение 7

Декадные суммы осадков с апреля по сентябрь расчетных лет, мм

№ пп.	Станции	IV			V			VI			VII			VIII			IX		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Бобрыйск	20	19	4	0	9	47	40	39	10	12	28	2	8	9	69	24	0	1
2	Борисов	17	16	0	0	8	52	34	0	12	0	49	43	73	34	57	47	0	0
3	Брагин	14	16	3	6	25	65	36	5	2	0	51	42	53	12	53	38	0	7
4	Брест	20	14	2	0	4	48	52	1	9	2	42	58	64	5	29	12	1	0
5	Василевичи	14	12	0	10	26	44	51	41	4	1	16	58	26	13	69	28	0	31
6	Витебск	25	18	2	0	1	72	41	8	2	2	13	29	71	22	72	69	5	5
7	Вилейка	38	11	0	0	6	70	33	1	16	9	8	20	63	59	66	49	3	0
8	Гомель	24	8	0	21	27	37	65	40	1	8	2	4	53	47	83	31	0	12
9	Горки	23	7	13	1	6	42	46	2	8	0	66	33	28	7	54	41	0	4
10	Гродно	27	14	1	0	4	23	40	28	13	38	3	6	0	3	74	19	7	14
11	Житковичи	14	15	0	0	18	51	56	34	10	45	56	11	8	2	5	53	4	2
12	Жлобин	13	5	1	2	13	58	48	38	2	0	45	58	20	2	74	23	0	17
13	Ивацевичи	17	12	0	0	9	18	43	57	2	0	35	10	74	69	10	18	1	2
14	Костюковичи	16	18	7	10	4	3	59	42	7	38	62	48	52	18	9	42	0	12
15	Лельчицы	17	38	1	3	21	0	11	56	49	42	43	20	8	5	78	44	5	8
16	Лепель	12	16	0	1	10	7	34	50	31	55	25	18	10	5	20	51	1	0
17	Лида	18	14	0	10	18	4	59	45	30	28	23	8	13	7	67	40	4	2
18	М. Горка	13	17	1	0	22	6	52	43	50	0	43	58	2	9	38	58	0	1
19	Минск	13	15	0	0	13	2	24	45	35	41	51	44	15	10	16	51	0	0
20	Могилёв	31	17	6	0	11	65	49	1	0	0	65	40	32	4	79	20	0	0
21	Новогрудок	22	12	0	1	22	68	45	3	13	0	4	6	61	46	77	59	1	0
22	Орша	16	20	14	0	9	5	60	30	8	63	57	21	18	11	59	47	4	0
23	Пинск	19	10	0	1	12	45	36	5	7	0	65	33	89	39	61	19	0	3
24	Полоцк	22	17	2	0	22	53	56	1	12	1	8	41	68	10	74	59	6	0
25	Пружаны	11	13	1	0	13	46	41	8	1	0	12	33	73	45	48	42	1	8
26	Слуцк	16	15	0	0	28	45	53	39	1	0	9	40	57	47	64	26	1	2
27	Чечерск	20	16	0	11	29	40	85	40	3	8	12	6	43	37	63	31	0	12
28	Шарковщина	32	21	0	3	15	53	48	0	10	2	32	65	67	10	76	44	5	0

Приложение 8/Декадные суммы дефицитов влажности воздуха с апреля по сентябрь расчетных лет, мм

№ пп.	Станции	IV			V			VI			VII			VIII			IX		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Бобрыйск	26	37	62	90	58	41	32	71	77	92	95	88	79	64	25	28	43	32
2	Борисов	24	34	66	90	59	42	34	93	84	96	92	76	40	56	23	55	42	34
3	Брагин	26	32	64	94	43	35	32	96	109	98	64	71	48	85	37	29	45	35
4	Брест	32	34	79	92	80	51	44	91	96	90	41	58	67	94	71	44	52	49
5	Василевичи	27	57	63	87	57	48	35	37	82	99	94	90	52	68	32	33	49	31
6	Витебск	21	38	69	91	80	50	37	88	92	96	95	65	47	51	30	26	46	28
7	Вилейка	18	26	65	99	77	36	37	94	85	91	94	89	38	46	25	25	35	27
8	Гомель	27	37	67	97	52	53	44	69	95	88	96	94	69	76	36	37	50	43
9	Горки	14	31	59	88	75	42	35	71	91	94	84	52	36	53	23	23	37	29
10	Гродно	22	27	68	87	63	44	38	83	83	48	6	92	98	9	35	31	44	37
11	Житковичи	30	42	73	95	65	47	38	71	84	53	63	91	86	74	61	33	48	35
12	Жлобин	24	43	76	96	58	52	38	73	93	98	90	65	55	71	29	32	46	31
13	Ивацевичи	34	38	58	93	89	81	42	59	94	98	87	94	41	43	87	57	49	40
14	Костюковичи	18	35	59	86	85	87	41	70	95	71	60	57	46	81	72	29	44	33
15	Лельчицы	34	38	71	86	61	77	46	50	68	59	65	92	88	84	35	33	55	37
16	Лепель	22	32	64	93	73	81	32	51	62	53	96	70	99	86	65	26	41	30
17	Лида	24	29	69	81	60	94	40	51	96	69	64	97	80	71	31	30	40	33
18	М. Горка	33	35	73	97	70	82	39	58	60	84	69	52	95	81	45	30	48	40
19	Минск	25	34	72	98	63	60	41	56	68	53	71	69	82	83	79	28	45	37
20	Могилёв	18	33	53	91	57	43	37	86	90	95	66	61	43	61	28	30	47	34
21	Новогрудок	24	30	64	98	62	41	36	79	73	93	98	98	36	52	32	25	47	41
22	Орша	22	36	40	86	85	86	38	90	92	62	52	67	84	75	31	28	44	31
23	Пинск	34	33	66	76	80	58	41	94	95	94	55	82	61	65	43	39	58	45
24	Полоцк	21	31	65	95	52	42	33	85	89	98	87	61	40	48	25	25	38	28
25	Пружаны	30	30	76	81	69	45	37	70	92	96	92	65	53	48	35	34	48	39
26	Слуцк	26	34	69	99	62	42	32	70	73	91	98	89	53	61	52	32	44	35
27	Чечерск	22	36	87	97	52	53	44	69	95	98	96	94	69	76	36	37	50	43
28	Шарковщина	21	26	67	98	56	35	34	91	81	98	87	69	42	51	23	25	36	33

Приложение 10

Осадки 10%-ной обеспеченности за расчетный предпосевной период за вычетом испарения, мм

№ пп.	Метеостанция	$\tau = 10\text{сут}$	$\tau = 15\text{сут}$
1	Бобруйск	27	35
2	Борисов	30	39
3	Брагин	24	31
4	Брест	23	30
5	Василевичи	25	33
6	Витебск	28	36
7	Вилейка	26	34
8	Гомель	26	34
9	Горки	24	31
10	Гродно	22	29
11	Житковичи	22	29
12	Жлобин	37	35
13	Ивацевичи	21	27
14	Костюковичи	30	39
15	Лельчицы	22	29
16	Лепель	28	36
17	Лида	22	29
18	Марьина Горка	24	35
19	Минск	23	30
20	Могилев	27	35
21	Новогрудок	34	44
22	Орша	25	33
23	Пинск	23	30
24	Полоцк	25	33
25	Пружаны	22	29
26	Слуцк	26	34
27	Чечерск	25	33
28	Шарковщина	28	36

Приложение 11

Осадки 10%-ной обеспеченности за расчетный летне-осенний период за вычетом испарения и поверхностного стока, мм

№ пп.	Метеостанция	Минеральные почвы		Торфяные почвы	
		$\tau_{10\text{сут}} =$	$\tau_{15\text{сут}} =$	$\tau_{10\text{сут}} =$	$\tau_{15\text{сут}} =$
1	Бобруйск	59	77	94	122
2	Борисов	45	58	78	101
3	Брагин	44	57	74	96
4	Брест	47	61	78	100
5	Василевичи	45	58	77	98
6	Витебск	53	69	84	108
7	Вилейка	50	65	82	107
8	Гомель	46	60	74	95
9	Горки	49	64	74	97
10	Гродно	55	71	90	116
11	Житковичи	49	63	80	104
12	Жлобин	48	62	77	99
13	Ивацевичи	47	61	76	98
14	Костюковичи	44	57	65	86
15	Лельчицы	50	65	80	103
16	Лепель	57	74	90	115
17	Лида	62	81	96	123
18	Марьина Горка	50	64	82	106
19	Минск	54	70	86	111
20	Могилев	47	62	76	97
21	Новогрудок	68	87	103	130
22	Орша	47	63	79	102
23	Пинск	48	63	81	104
24	Полоцк	55	72	85	109
25	Пружаны	51	66	84	108
26	Слуцк	44	57	74	96
27	Чечерск	43	56	72	94
28	Шарковщина	46	60	77	100

Приложение 12

Пример расчета расстояния между дренами

1. Исходные данные: сельскохозяйственное использование осушаемых земель – кормовой севооборот; почво-грунты участка – суглинок легкий; пахотный слой – $m_n = 0,25$ м; глубина заложения дрен $t = 1,2$ м; расстояние от дрены до водоупора – $T = 8,8$ м; коэффициенты фильтрации соответственно пахотного и подстилающего слоев – $K_1 = 1,53$ м/сут, $K_2 = 0,51$ м/сут; нормативное междреннее расстояние $B = 25$ м; наружный диаметр пластмассовых дрен $d = 0,075$ м.

В данном случае соотношение $B / T = 25 / 8,8 = 2,8 < 3$, в связи с чем используется расчетная зависимость (3.2).

2. В расчете для предпосевного периода принимаем: норму осушения $a = 0,5$ м; $h_b = 0,04$ м; $u = 0$; $m_1 = m_n = 0,25$ м; $m_2 = T + t - m_n = 8,8 + 1,2 - 0,25 = 9,75$ м; $\tau = 10$ сут; $P - E = 0,026$ м.

По формуле (3.5) приведенное значение коэффициента фильтрации составит:

$$K = \frac{1,53 \cdot 0,25 + 0,51 \cdot 9,75}{0,25 + 9,75} = 0,54 \text{ м/сут.}$$

Коэффициент водоотдачи согласно (3.9) будет равен:

$$\delta = 0,056 \sqrt{0,54} \sqrt[3]{0,5} = 0,033.$$

Среднее значение H согласно (3.6) определится как:

$$H = 1,20 - 0,6 \cdot 0,50 = 0,90 \text{ м.}$$

Слой воды по формуле (3.8) составит:

$$W = 0,04 + 0,033 \cdot 0,5 + 0,026 = 0,082 \text{ м.}$$

Интенсивность притока воды к дрене по (3.7) $q = 0,082 / 10 = 0,0082$ м/сут.

Тогда междреннее расстояние согласно (3.2):

$$B = \frac{3,14 \cdot 0,54 \cdot 0,90}{0,0082 \left(2,31g \frac{25}{0,075} - 1 \right)} = 38,7 \text{ м.}$$

3. В расчете для летне-осеннего периода принимаем: норму осушения $a = 0,9$ м; $h_b = 0$; $u = 0,1$ м; $m_1 = m_n - 0,1 = 0,15$ м; $m_2 = T + t - m_n = 8,8 + 1,2 - 0,25 = 9,75$ м; $\tau = 10$ сут; $P - E = 0,047$ м.

Продолжение приложения 12

По формуле (3.5) приведенное значение коэффициента фильтрации составит:

$$K = \frac{1,53 \cdot 0,15 + 0,51 \cdot 9,75}{0,15 + 9,75} = 0,53 \text{ м/сут.}$$

Коэффициент водоотдачи согласно (3.9) будет равен:

$$\delta = 0,056 \sqrt{0,53} \sqrt[3]{0,9 - 0,1} = 0,038.$$

Среднее значение H согласно (3.6) определится как:

$$H = 1,20 - 0,6(0,90 - 0,1) - 0,1 = 0,62\text{м.}$$

Слой воды по формуле (3.8) составит:

$$W = 0 + 0,038(0,9 - 0,1) + 0,047 = 0,077\text{ м.}$$

Интенсивность притока воды к дрене по (3.7) $q = 0,077 / 10 = 0,0077\text{ м/сут.}$

Тогда междреннее расстояние согласно (3.2):

$$B = \frac{3,14 \cdot 0,53 \cdot 0,62}{0,0077 \left(2,31 \lg \frac{25}{0,075} - 1 \right)} = 27,9\text{м.}$$

В качестве проектного междренного расстояния следует принять меньшее из двух рассчитанных выше вариантов, т.е. для летне-осеннего периода.

С учетом округления до целых метров (в меньшую сторону) окончательно принимаем $B = 27\text{ м.}$

Приложение 14
**Значения параметров A и a для основных метеостанций
 Республики Беларусь**

№ п/п	Метеостанция	$A_{вп}$	$A_{пп}$ 10 %	$A_{дп}$	A_6 50 %	$A_{пп}$, 25 %	$a_{вп}$	$a_{дп}$	a_6
1	Бобруйск	485	13,9	71	0,91	9,0	1,02	1,58	0,32
2	Борисов	459	14,2	63	1,42	10	1,08	1,17	0,23
3	Брагин	362	13,9	52	0,48	8,7	1,01	1,94	0,45
4	Брест	258	12,3	68	0,60	7,8	1,07	1,71	0,34
5	Василевичи	360	13,8	70	0,60	8,7	1,12	1,8	0,39
6	Витебск	630	20,9	88	1,00	15,5	0,70	1,29	0,41
7	Вилейка	505	13,9	117	1,43	9,8	0,94	1,5	0,17
8	Гомель	400	17,6	45	0,62	10,5	1,71	1,92	0,45
9	Горки	650	23,3	70	0,91	17,2	1,04	1,61	0,33
10	Гродно	320	13,7	98	1,43	8,7	0,89	1,38	0,19
11	Житковичи	430	12,0	70	0,78	8,3	1,10	1,79	0,35
12	Жлобин	400	13,5	75	0,81	9,0	1,00	1,7	0,36
13	Ивацевичи	345	10,0	63	0,75	6,2	1,02	1,74	0,32
14	Костюковичи	610	25,2	50	0,70	18,5	1,08	1,92	0,39
15	Лельчицы	420	11,0	82	0,30	8,0	1,10	1,85	0,37
16	Лепель	545	17,4	97	1,25	10,4	0,83	1,15	0,31
17	Лида	380	15,3	118	1,46	10,2	0,87	1,53	0,16
18	Марьино Горка	470	14,7	60	1,32	8,7	1,07	1,43	0,28
19	Минск	470	13,8	75	1,42	9,8	1,05	1,4	0,18
20	Могилев	597	21,0	84	1,08	15,2	1,1	1,59	0,29
21	Новогрудок	380	15,0	85	1,33	10,2	0,9	1,45	0,17
22	Орша	630	22,0	80	1,08	16,1	0,88	1,43	0,34
23	Пинск	380	9,5	70	0,65	6,7	1,15	1,93	0,38
24	Полоцк	570	16,0	140	1,02	11,5	0,74	1,12	0,35
25	Пружаны	290	12,4	65	0,78	7,8	1,04	1,6	0,31
26	Слуцк	455	15,0	58	0,98	10,3	1,04	1,6	0,3
27	Чечерск	510	19,0	58	0,57	12	1,0	1,83	0,41
28	Шарковщина	570	19,7	128	0,93	13	0,84	1,52	0,29

Приложение 15

Ординаты кривых обеспеченности

трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля

$$\frac{C_s}{C_v} = 1,0$$

P, %	C _v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,1	1,32	1,67	2,03	2,39	2,77	3,14	3,48	3,82	4,13	4,44
0,3	1,29	1,59	1,90	2,23	2,55	2,89	3,21	3,53	3,85	4,17
0,5	1,27	1,55	1,84	2,15	2,45	2,76	3,06	3,37	3,68	4,00
1	1,24	1,49	1,75	2,03	2,31	2,59	2,87	3,15	3,45	3,78
3	1,19	1,39	1,59	1,81	2,03	2,27	2,51	2,75	3,02	3,32
5	1,17	1,34	1,52	1,70	1,90	2,10	2,31	2,52	2,76	3,04
10	1,13	1,26	1,39	1,53	1,68	1,83	1,99	2,16	2,35	2,57
25	1,06	1,13	1,19	1,26	1,33	1,41	1,47	1,52	1,58	1,62
50	1,00	0,99	0,99	0,97	0,96	0,93	0,89	0,83	0,76	0,67
75	0,93	0,86	0,78	0,71	0,62	0,53	0,42	0,31	0,21	0,14

Продолжение приложения 15

$$\frac{C_s}{C_v} = 1,5$$

P, %	C _v											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,1	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,53	4,05	4,60	5,21	5,82	6,58	7,12
0,3	1,28	1,61	1,96	2,34	2,74	3,17	3,62	4,08	4,61	5,15	5,70	6,23
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,60	3,00	3,42	3,85	4,32	4,79	5,30	5,81
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,41	2,76	3,11	3,49	3,90	4,31	4,73	5,16
3	1,19	1,40	1,62	1,85	2,10	2,34	2,61	2,87	3,17	3,47	3,80	4,10
5	1,17	1,34	1,53	1,72	1,92	2,13	2,35	2,56	2,80	3,05	3,28	3,54
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,69	1,82	1,96	2,11	2,27	2,42	2,56	2,70
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,40	1,43	1,46	1,49	1,48	1,47
50	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,81	0,76	0,70	0,62	0,54
75	0,93	0,86	0,78	0,71	0,63	0,55	0,46	0,38	0,30	0,22	0,16	0,11
$\frac{C_s}{C_v} = 3$												
0,01	1,42	0,06	2,86	3,78	5,00	6,28	7,70	9,21	11,00	12,89	14,85	16,86
0,1	1,35	1,80	2,36	3,00	3,75	4,58	5,43	6,31	7,33	8,43	9,54	10,68
0,3	1,31	1,69	2,12	2,64	3,22	3,82	4,44	5,11	5,84	6,62	7,40	8,21
0,5	1,29	1,63	2,02	2,48	3,00	3,50	4,00	4,58	5,21	5,85	6,50	7,16
1	1,25	1,55	1,88	2,25	2,66	3,07	3,49	3,92	4,40	4,88	5,37	5,85
3	1,21	1,42	1,67	1,91	2,17	2,42	2,70	2,94	3,22	3,47	3,74	3,99
5	1,17	1,36	1,54	1,75	1,94	2,14	2,35	2,51	2,70	2,89	3,05	3,23
10	1,14	1,26	1,39	1,52	1,63	1,76	1,87	1,97	2,09	2,15	2,24	2,31

Продолжение приложения 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	1,07	1,12	1,17	1,21	1,23	1,26	1,27	1,29	1,28	1,28	1,28	1,27
50	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,66	0,61
75	0,93	0,86	0,79	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,41	0,36	0,31	0,27
$\frac{C_s}{C_v} = 4,0$												
0,01	1,51	2,20	3,15	4,35	5,90	7,70	9,57	11,40	13,55	15,60	17,65	20,71
0,1	1,38	1,87	2,53	3,29	4,20	5,07	6,05	7,02	8,12	9,25	10,42	11,65
0,3	1,34	1,73	2,23	2,81	3,45	4,09	4,76	5,46	6,18	6,94	7,71	8,53
0,5	1,30	1,67	2,10	2,60	3,13	3,69	4,25	4,81	5,38	6,02	6,65	7,31
1	1,25	1,58	1,94	2,34	2,77	3,17	3,59	4,01	4,43	4,90	5,35	5,82
3	1,19	1,43	1,67	1,92	2,18	2,44	2,67	2,90	3,12	3,35	3,60	3,84
5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,93	2,11	2,28	2,45	2,60	2,77	2,92	3,07
10	1,11	1,26	1,38	1,51	1,61	1,72	1,82	1,90	2,00	2,05	2,12	2,18
25	1,06	1,11	1,15	1,19	1,21	1,23	1,23	1,23	1,24	1,25	1,24	1,22
50	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	0,67	0,63
75	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,37	0,32
$\frac{C_s}{C_v} = 5,0$												
0,01	1,54	2,34	3,43	4,91	6,65	8,70	10,70	12,71	15,05	17,41	20,00	22,71
0,1	1,40	1,95	2,66	3,51	4,44	5,40	6,43	7,54	8,64	9,83	10,96	12,14
0,3	1,34	1,78	2,31	2,92	3,52	4,22	4,91	5,69	6,41	7,15	7,90	8,63
0,5	1,31	1,70	2,16	2,69	3,21	3,77	4,34	4,93	5,52	6,17	6,85	7,35
1	1,27	1,61	1,98	2,38	2,79	3,21	3,65	4,06	4,50	4,94	5,33	5,75
3	1,20	1,44	1,67	1,93	2,17	2,42	2,62	2,88	3,10	3,33	3,52	3,75
5	1,17	1,36	1,55	1,74	1,90	2,08	2,22	2,41	2,54	2,71	2,85	2,98
10	1,13	1,26	1,37	1,49	1,60	1,70	1,79	1,86	1,94	2,00	2,05	2,11

Продолжение приложения 15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	1,06	1,11	1,15	1,17	1,20	1,20	1,20	1,22	1,22	1,22	1,20	1,20
50	0,99	0,97	0,94	0,92	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65
75	0,93	0,86	0,79	0,73	0,67	0,62	0,56	0,51	0,47	0,42	0,39	0,36
$\frac{C_s}{C_V} = 6,0$												
0,01	1,60	2,48	3,75	5,48	7,30	9,39	11,50	13,80	16,40	18,90	21,50	24,00
0,1	1,41	2,02	2,80	3,68	4,58	5,54	6,57	7,63	8,79	10,00	11,18	12,39
0,3	1,35	1,83	2,38	2,98	3,64	4,31	5,00	5,66	6,38	7,16	7,91	8,67
0,5	1,32	1,74	2,22	2,73	3,26	3,82	4,38	4,93	5,51	6,11	6,71	7,31
1	1,29	1,63	2,01	2,40	2,81	3,22	3,63	4,03	4,44	4,86	5,27	5,69
3	1,21	1,45	1,68	1,92	2,14	2,38	2,60	2,82	3,04	3,26	3,46	3,67
5	1,18	1,37	1,55	1,73	1,89	2,05	2,20	2,36	2,51	2,66	2,80	2,90
10	1,14	1,26	1,37	1,47	1,56	1,66	1,73	1,82	1,90	1,96	2,03	2,08
25	1,07	1,10	1,13	1,16	1,18	1,19	1,20	1,21	1,20	1,20	1,20	1,19
50	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,75	0,72	0,68	0,66
75	0,93	0,86	0,80	0,74	0,68	0,63	0,58	0,53	0,49	0,44	0,40	0,37

Приложение 16

Ординаты биномиальных асимметрических кривых обеспеченности при $C_s = 2 C_v$

C_v	Обеспеченность, %							
	0,1	1	3	5	10	25	50	75
0,05	1,162	1,120	1,096	1,084	1,064	1,033	0,999	0,966
0,06	1,197	1,145	1,116	1,101	1,077	1,039	0,999	0,959
0,08	1,268	1,196	1,156	1,136	1,104	1,052	0,998	0,945
0,10	1,338	1,248	1,196	1,170	1,130	1,065	0,977	0,931
0,12	1,417	1,302	1,238	1,206	1,157	1,077	0,995	0,916
0,14	1,496	1,357	1,281	1,242	1,184	1,089	0,993	0,902
0,16	1,574	1,412	1,323	1,278	1,210	1,101	0,990	0,987
0,18	1,653	1,467	1,366	1,314	1,237	1,114	0,988	0,873
0,20	1,732	1,522	1,408	1,350	1,364	1,126	0,986	0,858
0,22	1,823	1,582	1,454	1,388	1,291	1,137	0,983	0,843
0,24	1,914	1,643	1,494	1,426	1,318	1,149	0,980	0,828
0,26	2,006	1,704	1,545	1,464	1,345	1,160	0,976	0,814
0,28	2,097	1,764	1,590	1,502	1,372	1,172	0,973	0,799
0,30	2,188	1,825	1,636	1,540	1,399	1,183	0,970	0,784
0,32	2,290	1,891	1,683	1,579	1,426	1,193	0,996	0,769
0,34	2,391	1,957	1,730	1,618	1,454	1,203	0,961	0,754
0,36	2,493	2,024	1,778	1,658	1,481	1,212	0,957	0,738
0,38	2,594	2,090	1,825	1,697	1,509	1,222	0,952	0,723
0,40	2,696	2,156	1,872	1,736	1,536	1,232	0,948	0,708
0,42	2,810	2,227	1,923	1,776	1,563	1,241	0,939	0,693
0,44	2,924	2,298	1,974	1,817	1,590	1,250	0,936	0,678
0,46	3,038	2,369	2,024	1,857	1,616	1,259	0,930	0,664
0,48	3,152	2,440	2,075	1,898	1,643	1,268	0,924	0,649
0,50	3,266	2,511	2,126	1,938	1,670	1,277	0,918	0,634
0,52	3,390	2,587	2,178	1,980	1,697	1,284	0,912	0,618
0,54	3,514	2,663	2,230	2,021	1,724	1,291	0,905	0,603
0,56	3,638	2,738	2,282	2,063	1,750	1,298	0,899	0,587
0,58	3,762	2,814	2,334	2,101	1,777	1,305	0,892	0,572
0,60	3,886	2,890	2,386	2,146	1,804	1,312	0,886	0,556
0,62	4,021	2,970	2,441	2,188	1,831	1,318	0,878	0,543
0,64	4,157	3,050	2,495	2,231	1,858	1,324	0,870	0,529
0,66	4,292	3,129	2,550	2,273	1,884	1,331	0,862	0,516
0,68	4,428	3,209	2,604	2,316	1,911	1,337	0,854	0,502
0,70	4,563	3,289	2,659	2,358	1,938	1,343	0,846	0,489
0,72	4,710	3,374	2,714	2,400	1,963	1,348	0,837	0,474
0,74	4,856	3,458	2,770	2,442	1,988	1,353	0,828	0,460
0,76	5,003	3,543	2,825	2,484	2,014	1,358	0,818	0,445
0,78	5,149	3,627	2,881	2,526	2,039	1,363	0,809	0,431
0,80	5,296	3,712	2,936	2,568	2,064	1,368	0,800	0,416
0,82	5,452	3,800	2,992	2,611	2,089	1,370	0,790	0,403
0,84	5,608	3,887	3,047	2,654	2,114	1,371	0,779	0,390
0,86	5,764	3,975	3,103	2,696	2,138	1,374	0,769	0,378
0,88	5,920	4,062	3,158	2,739	2,163	1,376	0,758	0,365
0,90	6,076	4,150	3,214	2,782	2,188	1,378	0,748	0,352
0,92	6,242	4,241	3,273	2,825	2,211	1,380	0,737	0,339
0,94	6,409	4,332	3,331	2,868	2,234	1,381	0,726	0,326
0,96	6,575	4,423	3,390	2,910	2,257	1,383	0,715	0,314
0,98	6,742	4,514	3,448	2,953	2,280	1,384	0,704	0,301
1,00	6,908	4,605	3,507	2,996	2,303	1,386	0,693	0,288

Приложение 17

Пример гидрологических расчетов открытого канала

В примере используем следующие исходные данные:

- площадь водосбора канала в расчетном створе $F = 12,4 \text{ км}^2$;
- средний уклон основного водотока $I = 0,68 \text{ ‰}$;
- густота речной сети $\delta = 0,72 \text{ км}^{-1}$;
- средняя ширина водосбора $B = 1,8 \text{ км}$;
- коэффициент формы водосбора $\eta = 0,26$;
- озерность $\alpha = 2,6 \text{ ‰}$;
- площадь водосбора, зарегулированная озерами $F_{\text{зар}} = 2,4 \text{ км}^2$;
- заболоченность $\beta = 7,4 \text{ ‰}$;
- лесистость на болотных землях $\varphi = 0$;
- лесистость на минеральных землях $\gamma = 9,2 \text{ ‰}$;
- параметры «А» и «а» (для метеостанции Барановичи): $A_{\text{ВП}} = 390$; $A_{\text{ПП}} = 13,0$; $A_{\text{ДП}} = 62$; $A_{\text{б}} = 0,98$; $a_{\text{ВП}} = 1,10$; $a_{\text{ДП}} = 1,58$; $a_{\text{б}} = 0,24$.

Средневзвешенную озерность водосбора определим по формуле (4.8)

$$\alpha_{\text{взв}} = 2,6 \left(\frac{2,4}{12,4} \right) = 0,5 \text{ ‰}$$

Средний многолетний модуль стока весеннего половодья, определяемый по формуле (4.1) равен:

$$q_{\text{ВП}} = \frac{390 \cdot 0,68^{0,2} (1 + 0,5 \cdot 0,72)}{(12,4 + 10)^{0,167} (1 + 0,2 \cdot 0,5) (1 + 0,02 \cdot 7,4) (1 + 0,01 \cdot 9,2)} = 211,9 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}$$

Коэффициент вариации максимального стока весеннего половодья найдем по выражению (4.2)

$$C_{\text{В}}^{\text{ВП}} = \frac{1,10}{(12,4 + 1)^{0,06}} = 0,94$$

По таблицам приложения 14 при $C_{\text{С}} = 2C_{\text{В}}$ находим модульный коэффициент $K = 2,234$. Тогда

$$q_{\text{ВП}}^{10\%} = 211,9 \cdot 2,234 = 473,4 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}$$

Величину модуля стока предпосевно-посевого периода 10 % обеспеченности определим по формуле (4.3):

$$q_{10\%}^{\text{ПП}} = \frac{13,0 \sqrt[5]{12,4 + 1} (1 + 0,01 \cdot 7,4) (1 + 0,01 \cdot 9,2) (1 + 0,05 \cdot 0,05)}{1 + 0,4 \cdot 0,26} = 16,8 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}$$

Продолжение приложения 17

Средний за многолетний период максимальный модуль стока летне-осенних паводков определим по формуле (4.4):

$$\bar{q}_{\text{лп}} = \frac{62 \cdot 1,8^{0,25} \cdot 0,68^{0,143} (1 + 0,5 \cdot 0,72)}{(12,4 + 10)^{0,25} (1 + 0,2 \cdot 0,5_{\text{взв}}) (1 + 0,02 \cdot 7,4) (1 + 0,02\varphi) (1 + 0,01 \cdot 9,2)} = 35,0 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}.$$

Коэффициент вариации максимумов летне-осенних дождевых паводков находим по выражению (4.5)

$$C_v^{\text{лп}} = \frac{1,58}{(12,4 + 10)^{0,05} (35 + 1)^{0,1}} = 0,95.$$

По таблицам приложения 14 при $C_S = 3C_v$ находим модульный коэффициент $K = 2,12$. Тогда

$$q_{\text{лп}}^{10\%} = 35,0 \cdot 2,12 = 74,2 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}.$$

Средний за многолетний период модуль бытового стока определим по зависимости (4.6):

$$\bar{q}_6 = \frac{0,98 \cdot 12,4^{0,143} (9,2 + 1)^{0,2} \cdot 0,72^{0,6} (2,6 + 1)^{0,2}}{(7,4 + 1)^{0,125}} = 1,82 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}.$$

Коэффициент вариации бытового стока найдем по выражению (4.7):

$$C_v^6 = \frac{0,24(7,4 + 1)^{0,143}}{(12,4 + 1)^{0,05} \cdot 0,72^{0,143} (1 + 2,6)^{0,1}} = 0,26.$$

По таблицам приложения 14 при $C_S = 3C_v$ находим модульный коэффициент $K = 0,97$. Тогда

$$q_6^{50\%} = 1,82 \cdot 0,97 = 1,77 \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{км}^2}.$$

Расходы открытого канала, формирующиеся за счет поверхностного стока определим по формуле (4.10):

$$Q_{\text{п}}^{\text{вп}} = 473,4 \cdot 12,4 = 5870,2 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{п}}^{\text{ип}} = 16,8 \cdot 12,4 = 208,3 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{п}}^{\text{лп}} = 74,2 \cdot 12,4 = 920,1 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{п}}^6 = 1,77 \cdot 12,4 = 21,9 \text{ л/с}.$$

Модули дренажного стока для весеннего и вегетационного периодов по зависимости (4.12) с учетом значений q (из приложения 12) соответственно составят:

$$q_{\text{д(вес)}} = 115,7 \cdot 0,0082 = 0,95 \text{ л/(с} \cdot \text{га)};$$

$$q_{\text{д(вер)}} = 115,7 \cdot 0,0077 = 0,89 \text{ л/(с} \cdot \text{га)}.$$

При площади дренажной системы $F_{\text{д}} = 150$ га расходы поступающего в канал дренажного стока будут равны:

$$Q_{\text{д}}^{\text{вп}} = Q_{\text{д}}^{\text{ип}} = 0,95 \cdot 150 = 142,5 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{д}}^{\text{лп}} = Q_{\text{д}}^6 = 0,89 \cdot 150 = 133,5 \text{ л/с}.$$

В результате общие расчетные расходы канала согласно (4.11) составят:

$$Q^{\text{ВП}} = 5870,2 + 142,5 = 6012,7 \text{ л / с};$$

$$Q^{\text{ПП}} = 208,3 + 142,5 = 350,8 \text{ л / с};$$

$$Q^{\text{ДП}} = 920,1 + 133,5 = 1053,6 \text{ л / с};$$

$$Q^{\text{б}} = 21,9 + 133,5 = 155,4 \text{ л / с}.$$

Используемые далее в гидравлических расчетах канала и выраженные в м³/с принимаем следующие расчетные расходы:

$$Q^{\text{ВП}} = 6,01 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q^{\text{ПП}} = 0,35 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q^{\text{ДП}} = 1,05 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q^{\text{б}} = 0,16 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приложение 18

Допустимые не размывающие скорости воды в каналах

Грунты и вид креплений	Допустимая скорость, м/с
Земляное русло	
Глины	0,55...1,00
Суглинок тяжелый	0,50...0,90
Суглинок средний	0,45...0,75
Суглинок легкий	0,40...0,70
Пески мелкие	0,75...0,90
Пески средние	0,90...1,10
Пески крупные	1,10...1,30
Илистые группы	0,20...0,20
Торф	0,40...1,50
Закрепленное русло	
Одерновка	0,9...1,3
Хворостяная выставка	2,0...2,5
Фашины	2,5...3,5
Мощение камнем на слое щебня	2,4...4,1
Каменная наброска в плетневой клетке	3,0...4,0
Бетонная одежда	12,5...20,0

Приложение 19

Условные обозначения основных элементов мелиоративной системы

1. Открытый канал	
2. Открытая регулирующая сеть	
3. Закрытый коллектор	
4. Закрытая регулирующая сеть	
5. Ложбина стока	
6. Грунтовая дорога	
7. Колодец смотровой	
8. Устье коллектора	
9. Переезд трубчатый	
10. Перегораживающее сооружение	
11. Мост пешеходный	
12. Полезащитная лесополоса	

Примечание: толщина линий на плане элементов 1, 2, 3, 4 соответственно равна 1,5; 0,5; 1,0 и 0,5 мм.

Приложение 12

Коэффициенты к формулам (4.4) и (4.5) при расчете водопотребления орошаемых культур

Культура	$K_{cp} = f(\Sigma T)$			$\Sigma d_{cp} = f(\Sigma T)$		
	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2
Пастбище	0,42	0,26	-0,10	35,0	15,4	-8,5
Клевер	0,22	0,51	-0,18	30,0	87,0	-40,3
Капуста ранняя	0,34	0,32	-0,35	33,0	57,5	-35,6
Капуста поздняя	0,30	0,58	-0,22	57,1	13,7	-12,3
Огурцы	0,32	1,34	-0,94	31,0	22,6	-16,0
Томаты	0,35	0,41	-0,54	45,0	18,3	-20,7
Картофель	0,29	0,53	-0,22	55,3	29,5	-18,4
Свекла	0,06	1,09	-0,52	22,8	71,0	-36,2
Морковь	0,11	1,05	-0,51	23,8	62,7	-31,0
Яблоневый сад	0,20	0,49	-0,18	28,0	19,1	-7,5

Осадки за апрель – октябрь разной обеспеченности по метеостанциям Беларуси, мм

Тип увлажнения района	Метеостанция	Обеспеченность, %				
		10	25	50	75	90
VI	Бобруйск	553	485	415	344	289
VII	Борисов	556	497	444	394	349
III	Брагин	479	424	366	306	269
VIII	Брест	498	443	385	331	288
III	Василевичи	569	504	434	364	311
I	Витебск	581	515	444	372	318
XI	Вилейка	540	482	418	359	312
II	Гомель	545	482	419	355	304
I	Горки	559	487	412	344	286
IX	Гродно	561	498	425	356	300
IV	Житковичи	585	480	424	372	325
II	Жлобин	547	487	428	368	316
VIII	Ивацевичи	580	494	408	317	255
I	Костюковичи	540	470	398	334	276
III	Лельчицы	587	479	415	357	310
VII	Лепель	585	515	440	364	306
IX	Лида	556	488	417	345	290
X	Марьина Горка	527	472	414	359	314
X	Минск	555	495	430	368	320
I	Могилев	540	481	418	359	312
X	Новогрудок	636	570	508	451	400
I	Орша	556	492	424	355	304
VIII	Пинск	503	450	398	350	306
XI	Полоцк	601	528	454	381	321
VII	Пружаны	605	481	403	334	271
VIII	Слуцк	548	485	421	357	306
II	Чечерск	539	480	418	358	313
XI	Шарковщина	545	482	415	348	297

Типовое внутрисезонное распределение осадков теплового периода

Тип увлаж- нения района	Распределение осадков по декадам, %																					За весь период (апрель – ок- тябрь), %
	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
I	4	3	4	4	5	6	2	5	9	9	4	7	3	4	6	3	7	3	7	3	2	100
II	3	3	2	5	4	4	6	7	3	3	7	10	10	4	2	4	4	8	4	3	4	100
III	3	5	3	4	4	5	5	5	6	4	3	8	14	4	5	3	5	5	3	2	4	100
IV	2	7	9	1	2	5	11	3	12	2	5	6	8	7	2	4	2	5	4	2	1	100
V	1	8	5	3	7	13	6	4	3	2	2	8	13	2	2	3	4	5	3	3	3	100
VI	2	6	4	4	4	8	6	6	2	4	4	5	5	13	4	3	4	6	6	2	2	100
VII	5	3	2	1	4	5	3	4	12	12	4	6	12	3	5	4	5	1	4	2	3	100
VIII	3	4	2	7	3	3	6	5	9	5	10	9	8	2	7	2	6	3	3	2	1	100
IX	2	3	3	4	4	6	6	6	4	7	3	7	4	3	9	6	2	2	2	1	6	100
X	2	6	3	3	4	6	5	7	4	15	6	3	7	2	7	4	4	3	5	2	2	100
XI	5	4	1	2	3	5	6	9	2	14	6	3	4	4	6	9	3	4	4	3	2	100

**Сумма температур воздуха за апрель – сентябрь разной обеспеченности
по метеостанциям Беларуси, °С**

Метеостанция	Обеспеченность, %			
	10	25	50	75
Бобруйск	2806	2654	2528	2402
Борисов	2739	2591	2468	2345
Брагин	2898	2767	2635	2503
Брест	2912	2779	2647	2515
Василевичи	2875	2745	2614	2483
Витебск	2775	2602	2478	2354
Вилейка	2716	2546	2425	2304
Гомель	2913	2780	2648	2516
Горки	2656	2490	2371	2252
Гродно	2738	2613	2489	2365
Житковичи	2885	2754	2623	2492
Жлобин	2911	2755	2623	2491
Ивацевичи	2812	2684	2556	2428
Костюковичи	2781	2630	2505	2380
Лельчицы	2922	2789	2656	2523
Лепель	2713	2543	2422	2301
Лида	2698	2553	2431	2309
Марьина Горка	2729	2582	2459	2336
Минск	2695	2549	2428	2307
Могилев	2753	2604	2480	2356
Новогрудок	2661	2495	2376	2257
Орша	2692	2524	2404	2284
Пинск	2882	2751	2620	2489
Полоцк	2659	2493	2374	2255
Пружаны	2784	2658	2531	2404
Слуцк	2778	2651	2525	2399
Чечерск	2861	2707	2578	2449
Шарковщина	2641	2476	2358	2240

Типовое внутрисезонное распределение суммы среднесуточных температур воздуха за период апрель – сентябрь, %

Обеспеченность, %	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Северная зона																		
0–33	1	2	2	4	5	6	5	7	8	7	8	9	8	8	7	5	5	3
33–66	1	2	3	3	6	6	6	6	8	8	7	8	7	7	7	6	4	4
6–99	1	2	3	4	5	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	5	4	3
Центральная зона																		
0–33	1	2	3	5	5	6	5	7	8	7	8	8	8	7	6	6	4	4
33–66	1	2	4	4	5	6	6	8	8	7	8	9	8	6	5	5	5	3
6–99	1	2	3	4	5	6	6	6	7	8	7	9	7	8	7	6	5	3
Южная зона																		
0–33	1	2	3	5	5	6	5	7	8	7	8	8	8	7	7	5	5	3
33–66	2	3	4	4	5	6	5	6	7	7	8	9	8	7	6	5	4	4
6–99	1	3	4	4	5	6	5	6	8	7	8	9	8	7	6	5	4	4

**Сумма температур дефицитов влажности воздуха за апрель – сентябрь разной
обеспеченности по метеостанциям Беларуси, мб**

Метеостанция	Обеспеченность, %			
	10	25	50	75
Бобруйск	1215	1113	1021	929
Борисов	1161	1074	976	888
Брагин	1308	1188	1090	992
Брест	1282	1167	1051	946
Василевичи	1320	1220	1109	1009
Витебск	1008	924	840	764
Вилейка	1103	1011	919	836
Гомель	1205	1113	1021	939
Горки	1021	929	837	762
Гродно	1158	1062	965	878
Житковичи	1205	1122	1039	956
Жлобин	1215	1131	1047	963
Ивацевичи	1152	1064	976	908
Костюковичи	1176	1068	980	892
Лельчицы	1298	1199	1100	1012
Лепель	1049	961	874	795
Лида	1086	986	905	824
Марьина Горка	1130	1027	942	857
Минск	1154	1049	954	878
Могилев	1146	1059	963	876
Новогрудок	1034	956	869	799
Орша	1014	921	845	769
Пинск	1158	1069	981	903
Полоцк	980	899	817	743
Пружаны	1194	1085	995	905
Слуцк	1081	1007	932	857
Чечерск	1215	1113	1021	929
Шарковщина	978	888	815	742

**Типовое внутрисезонное распределение суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха
за период апрель – сентябрь, %**

Обеспеченность, %	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Центральная зона																		
0–33	2	2	4	5	6	8	5	7	9	6	11	8	6	5	5	5	4	2
33–66	3	4	7	5	6	8	9	7	5	5	9	7	6	5	5	4	3	2
6–99	2	3	5	4	5	9	7	9	9	6	9	7	5	7	4	4	3	2
Северная зона																		
0–33	1	2	4	5	6	5	8	10	8	7	8	10	6	4	4	5	4	3
33–66	2	4	6	4	6	8	11	7	7	8	8	6	6	5	4	4	2	2
6–99	2	3	6	4	5	9	10	8	7	7	9	6	6	5	4	4	3	2
Южная зона																		
0–33	2	3	5	4	5	6	8	7	6	6	8	10	3	5	5	5	4	3
33–66	2	3	4	5	6	8	9	7	6	8	7	7	7	5	4	5	4	3
6–99	2	3	5	4	6	8	10	8	6	6	8	7	6	5	4	5	4	3



Гидролого-климатические зоны Беларуси:

- I – Северная
- II – Центральная
- III – Южная

**Расчетный оросительный период сельскохозяйственных культур
по гидролого-климатическим зонам Беларуси**

Культура	Гидролого-климатическая зона		
	Северная	Центральная	Южная
Пастбище	<u>10.05–1.09</u> 5–15	<u>1.05–1.09</u> 4–15	<u>1.05–10.09</u> 4–16
Клевер двуукос- ный	<u>10.05–1.09</u> 5–15	<u>1.05–1.09</u> 4–15	<u>1.05–1.09</u> 4–15
Капуста ранняя	<u>10.05–10.07</u> 5–10	<u>1.05–10.07</u> 4–10	<u>20.04–10.07</u> 3–10
Капуста поздняя	<u>1.06–1.09</u> 7–15	<u>1.06–10.09</u> 7–16	<u>1.06–10.09</u> 7–16
Огурцы	<u>1.06–20.08</u> 7–14	<u>20.05–10.08</u> 6–13	<u>20.05–1.08</u> 6–12
Томаты	<u>10.6–30.08</u> 7–15	<u>20.05–20.08</u> 6–14	<u>20.05–10.08</u> 6–13
Картофель	<u>1.06–1.09</u> 7–15	<u>20.05–1.09</u> 6–15	<u>10.05–20.08</u> 5–14
Свекла	<u>1.06–1.09</u> 7–15	<u>20.05–1.09</u> 6–15	<u>20.05–1.09</u> 6–15
Морковь	<u>1.06–1.09</u> 7–15	<u>10.05–1.09</u> 5–15	<u>10.05–1.09</u> 5–15
Яблоневый сад	<u>20.05–1.09</u> 6–15	<u>20.05–10.09</u> 6–15	<u>10.05–10.09</u> 5–16

Примечание. В знаменателе указаны номера расчетных декад, считая от первой декады апреля.

**Расчет режима орошения капусты биоклиматическим методом
по метеостанции Могилев для среднесухого года**

Показатели	Месяцы и декады											
	Май	Июнь			Июль			Август			Сентябрь	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
P_i , мм	22	7	18	32	32	14	25	11	14	22	11	25
K_{Π}	1,12	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,11	1,11
$\sum d_i$, мб	85	53	74	95	64	116	85	64	53	53	53	42
$\sum t_i$, °C	156	130	182	208	182	208	208	208	182	156	156	104
$\sum T_i$, °C	78	221	377	572	767	962	1170	1378	1573	1742	1898	2028
K_{cp}	0,34	0,42	0,49	0,56	0,62	0,65	0,68	0,68	0,67	0,64	0,61	0,57
$\sum d_{cp}$, мб	58	60	61	61	60	59	56	53	48	44	39	34
K_i	0,31	0,44	0,46	0,50	0,61	0,55	0,61	0,64	0,65	0,61	0,56	0,54
E_i , мм	26	23	34	48	39	64	52	41	34	32	30	23
K_{Π}	1	1	1	0,95	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85
$K_{\Pi}P_i - K_{\Pi}E_i$, мм	-1	-15	-15	-11	-2	-46	-20	-25	-16	-4	-13	8
W'_{Π} , мм	115	111	96	106	95	93	97	102	102	111	107	94
W'_{Π} , мм	114	96	81	95	93	47	77	77	86	107	94	102
C_i , мм	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M , мм	-	-	25	-	-	50	25	25	25	-	-	-
D (дата)	-	-	17.06	-	12.07	17.07	27.07	7.08	20.08	-	-	-
$ДБ_i$, мм	4	15	15	11	2	46	20	25	16	4	13	-8
$\sum ДБ_i$, мм	4	19	34	45	47	93	113	138	154	158	171	163


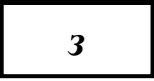
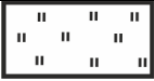








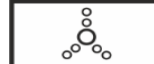

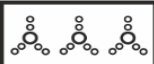



**Оросительные нормы М и минимальные межполивные интервалы T_{\min}
25%-ной обеспеченности по гидролого-климатическим зонам Беларуси**










Культура	Грансостав почвы	Гидролого-климатическая зона					
		Северная		Центральная		Южная	
		М, мм	T_{\min} , сут	М, мм	T_{\min} , сут	М, мм	T_{\min} , сут
Пастбище	Супесчаные	135	11	150	10	165	10
	Суглинистые	120	13	135	12	150	12
Клевер дву- косный	Супесчаные	125	11	140	10	155	9
	Суглинистые	120	13	130	12	140	11
Капуста ран- няя	Супесчаные	110	9	125	9	135	9
	Суглинистые	90	11	100	11	110	11
Капуста позд- няя	Супесчаные	130	9	145	9	160	8
	Суглинистые	110	10	130	10	145	10
Огурцы	Супесчаные	115	10	125	11	135	10
	Суглинистые	100	11	110	12	120	11
Томаты	Супесчаные	80	9	90	9	105	8
	Суглинистые	60	10	75	10	85	9
Картофель	Супесчаные	90	10	100	10	115	9
	Суглинистые	70	12	80	11	95	10
Свекла	Супесчаные	70	11	85	10	100	9
	Суглинистые	50	13	70	12	90	11
Морковь	Супесчаные	85	10	100	10	115	9
	Суглинистые	70	12	85	12	100	11
Яблоневый сад	Супесчаные	105	13	120	13	130	12
	Суглинистые	100	42	105	37	120	28

ПРИЛОЖЕНИЯ к практической работе 8

Приложение 1

Условные обозначения направления использования и технического состояния земель

Направление использования			
			
Пашня	Залежь	Сенокос	Пастбище
			
Болото	Лес	Сплошной кустарник	Выпас
Древесная растительность (отдельно стоящие деревья)			
			
До 5 шт/га	5–10 шт/га	Более 10 шт/га	
Кустарниковая растительность			
			
До 30 %	30–60 %	Более 60 %	
Закопчаренность			
			
До 25 %	25–60 %	Более 60 %	

Пнистость			
			
До 5 шт/га	5–10 шт/га	Более 10 шт/га	
Каменистость (завалуненность)			
			
До 20 м ³ /га	21–50 м ³ /га	Более 50 м ³ /га	
Характер микрорельефа (объем планировки)			
			
До 200 м ³ /га	200–250 м ³ /га	Более 250 м ³ /га	

Приложение 2

Технологическая схема корчевки пней в минеральных и торфяных грунтах

№ п. п.	Операция	Машины и механизмы
1	Корчевка пней с перемещением от под-корневых ям	Корчеватель-собираатель на тракторе 74 кВт
2	Просушивание выкорчеванных пней 10–15 дней	
3	Обивка земли с выкорчеванных пней	Трактор 74 кВт со сменным рабочим оборудованием
4	Перемещение пней в валы на расстояние до 50 см для ликвидации	Корчеватель-собираатель на тракторе 74 кВт
5	Грубая планировка поверхности со срезкой неровностей до 15 см и засыпкой подкорневых ям	Бульдозер на тракторе 74 кВт

Приложение 3

Технологическая схема очистки площадей от камней с вывозкой за пределы поля

№ п. п.	Операция	Машины и механизмы
1	Корчевка камней и погрузка на металлические листы	Корчеватель-собираатель на тракторе 74 кВт
2	Сборка мелких камней с погрузкой на металлические листы	Машина УКП-0,6, УКП-0,7
3	Вывозка выкорчеванных и собранных камней за пределы поля	Трактор 74 кВт с прицепом, самосвальные лыжи

Приложение 4

Технологическая схема очистки площадей от кустарника и мелколесья на минеральных грунтах способом срезки

№ п. п.	Операция	Машины и механизмы
1	2	3
1	Срезка кустарника и мелколесья	Кусторез (трактор 74 кВт)
2	Сгребание срезанного кустарника и мелколесья в валы или кучи с перемещением до 50 м	Кустарниковые грабли (трактор 74 кВт)
3	Ликвидация валов или куч из кустарника и мелколесья (переработка как древесного сырья)	Измельчитель веток дерева С52ПРМ260/Ø260 с приводом от ДВС 95 л. с/дизель
4	Ликвидация валов или куч из пней, кустарника и мелколесья путем захоронения в траншеях и котлованах, естествен-	Экскаватор

	ное разложение 2–3 года	
--	-------------------------	--

Окончание прил. 4

1	2	3
5	Корчевка пней от срезанного кустарника и мелкоколосья в двух направлениях	Борона корчевальная К-1, корчевальный агрегат К-15 (трактор 74 кВт)
6	Стребание пней с перемещением на 50 м и укладкой в валы	Кустарниковые грабли (трактор 74 кВт)
7	Грубая планировка поверхности со срезкой неровностей до 15 см и засыпкой подкорневых ям (первичная строительная планировка)	Бульдозер (трактор 74 кВт)
8	Первичная вспашка осушенных минеральных земель, очищенных от древесно-кустарниковой растительности	Трактор 55кВт с плугом ПКБ
9	Дискование осушенных земель в два следа диагонально-перекрестным способом	Трактор 55кВт с дисковой бороной БДТ-3.0
10	Уборка вручную древесных остатков после вспашки и дискования с вывозкой за пределы обрабатываемого участка	Корчеватель-собираатель 74кВт на тракторе с металлическими листками
11	Выравнивание поверхности почвы в два следа	Трактор 55, 74 кВт с планировщиком п-2,8; п-4
12	Дискование осушенных земель в один след	Трактор 55кВт с дисковой бороной БДТ-3.0
13	Выравнивание поверхности почвы длиннобазовым планировщиком в один след	Трактор 55, 74 кВт с планировщиком п-2,8; п-4
14	Дискование осушенных земель в один след	Трактор 55кВт с дисковой бороной БДТ-3.0

Приложение 5

Технологическая схема первичной обработки осушенных торфяных земель, заросших кустарником и мелкоколосьем с диаметром стволов до 12 см, независимо от густоты, методом размельчения древесины (фрезерованием)

№ п. п.	Операция	Машины и механизмы, агрегируемые с трактором
1	Очистка площади от кустарника и мелкоколосья фрезерованием	Машина МТП-42А на тракторе 74 кВт
2	Первичная вспашка на глубину 30–35 см	Трактор 55 кВт с плугом ПКБН
3	Дискование осушенных земель в два следа диагонально-перекрестным способом	Трактор 55 кВт с бороной БДТ-3.0
4	Выравнивание поверхности почвы в два следа	Трактор 55, 74 кВт с планировщиком п-2,8; п-4
5	Дискование осушенных земель в один след	Трактор 55 кВт с бороной БДТ-3.0
6	Выравнивание поверхности почвы в два следа	Трактор 55, 74 кВт с планировщиком п-2,8; п-4

7	Дискование осушенных земель в один след	Трактор 55 кВт с бороной БДТ-3,0
8	Прикатывание торфяных почв в один след	Трактор 55 кВт с катками ЗКВБ-1,5

Приложение 6

Технологическая схема первичной обработки осушенных торфяных земель, заросших кустарником и мелколесьем с диаметром стволов до 7 см высотой до 4 см, способом запашки

№ п. п.	Операция	Машины и механизмы
1	Запашка кустарника на осушенных торфяных землях при глубине вспашки 40 см	Плуг ПКБН-100
2	Дискование вдоль в два следа	Борона БНДТ-3,5
3	Прикатывание тяжелым катком в один след	Каток ЭКВБ-1,5
4	Дискование диагонально-перекрестным способом в четыре следа	Борона БНДТ-3,5
5	Уборка вручную выкопанных древесных остатков и вывоз за пределы участка	Трактор 55 кВт с прицепом
6	Прикатывание тяжелым катком в один след	Каток ЭКВБ-1,5

Приложение 7

Показатели плодородия почв

Почва	Кислотность pH	Обеспеченность, мг/100 г почвы	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Оптимальные			
Глинистые	6,5–7,0	25–28	20–25
Супесчаные	6,0–6,5	20–25	18–20
Песчаные	5,5–6,0	18–20	14–16
Торфяные	5,0–5,5	50–60	60–80
Средние			
Минеральные	5,6–6,0	10–15	14–20
Торфяные	4,7–5,0	40–60	50–60
Мощность гумусового слоя минеральных почв, см			
Уровень плодородия:			
высокий	Более 22	–	–
средний	17–22	–	–
низкий	Менее 17	–	–

Приложение 8

Дозы внесения минеральных удобрений (кг/га) для повышения содержания P₂O₅ и K₂O на 1 мг в 100 г почвы

Механический состав почвы	P ₂ O ₅	K ₂ O
Песчаные и супесчаные	45	30
Суглинистые	60	40
Тяжелосуглинистые	80	60
Торфяные	10–20	10–20

Приложение 9

Примерные дозы внесения извести для минеральных почв

Потребность в известковании	Показатели рН в соляной вытяжке	Средние дозы извести, т/га		
		Супесчаные и легкосуглинистые почвы	Средне- и тяжело-суглинистые почвы	Торфяные почвы
Сильная	<4,5	4,0	6,0	7,0
Средняя	4,6–5,0	3,0	5,0	5,0
Слабая	5,1–5,5	2,0	3,5	3,0

Приложение 10

Дозы органических удобрений при углублении пахотного слоя и низком уровне плодородия

Механический состав почвы	Допустимая величина припахивания за один прием, см	Дозы органических удобрений	
		т/см	т/га
Тяжелосуглинистые	2–3	15	30–45
Среднесуглинистые	3–4	10	30–40
Легкосуглинистые и супесчаные	2–4	10	20–40
Песчаные	3–4	8	24–32

Приложение 11

Примерные дозы внесения навоза для восстановления плодородия минеральных почв после проведения мелиоративных работ

№ п. п.	Виды намечаемых операций	Нормы внесения навоза, т/га
1	2	3
1	Корчевка и вывозка пней в количестве, м ³ /га: 10–20 21–50 51–100	10–15 15–30 30–60
2	Удаление кустарника и мелколесья:	20–30

	редкой заросли средней заросли густой заросли	30–40 40–60
3	Удаление деревьев и пней диаметром более 12 см в количестве, шт/га: 50–100 100–200 200–300	20–30 30–40 40–60

Окончание прил. 11

1	2	3
4	Ликвидация ям, рвов, каналов при объеме засыпки, м ³ /га: 50–100 100–200	10–20 20–40
5	Первичная строительная планировка при микрорельефе: слаборазвитом среднеразвитом сильноразвитом	10–20 15–25 20–30