

УДК 631.6 (076)

ББК 40.6

Д 83

Дунаев А.И. *Основы проектирования мелиоративной системы гумидной зоны*: учебное пособие по изучению практического курса дисциплины «Мелиорация» / А.И. Дунаев, В.Н. Кровопускова.- Брянск: Изд-во БГСХА, 2013. –260 с.

Рассмотрены основы проектирования и расчета осушительных и осушительно-оросительных мелиоративных систем гумидной зоны РФ. Охвачены наиболее характерные условия гидромелиорации земель с/х назначения, а именно: орошение дождеванием и осушение переувлажненных земель с грунтовым и грунтово-атмосферным водным питанием. По ключевым направлениям изложены методы ОВОС и природоохранные мероприятия.

По основным практическим вопросам даются примеры расчета и приводятся необходимые справочные материалы в виде отдельных таблиц и приложений.

Учебное пособие предназначено для выполнения практических заданий по тематике гидромелиорации с/х земель. Ориентировано на студентов, обучающихся по специальностям: «Агрономия» и «Агроэкология»

Рецензенты:

В.Н. Башмаков – ГИП ОАО «Брянскигипроводхоз»

Е.А. Мельникова – к.т.н., доцент кафедры инженерной экологии и природообустройства БГИТА

© Брянская ГСХА, 2013

© Дунаев А.И., 2013

© Кровопускова В.Н., 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ	6
1.1 Общие положения	6
1.2 Мелиоративные системы гумидной зоны	8
1.3 Основные элементы мелиоративных систем	11
2 ВОДНЫЙ РЕЖИМ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ	14
2.1 Режим орошения с/х культур	14
2.2 Режим орошения севооборота	27
2.3 Режим осушения переувлажненных земель	35
3 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ	39
3.1 Выбор дождевальной машины	39
3.2 Плановая компоновка оросительной системы и организация территории	43
3.3 Определение количества дождевальных машин.....	50
3.4 Гидравлический расчет трубопроводов и определение параме насосной станции	53
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ	62
4.1 Закрытый трубчатый дренаж...	62
4.2 Открытые осушители	76
5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ПЛАНЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	84
5.1 Требования к организации территории	84
5.2 Осушительная сеть	86
5.3 Оросительная сеть на осушаемых землях	94
5.4 Дорожная сеть и сооружения на системе	

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОВОДЯЩЕЙ	103
ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ	
6.1 Основы гидрологического расчёта каналов	103
6.2 Гидравлические расчеты	118
6.3 Вертикальное сопряжение осушительной сети	134
6.4 Определение глубины осушительной сети	138
7 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ	143
СИСТЕМЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	
7.1 Характерные воздействия мелиоративной системы	143
7.2 Воздействие на гидрогеологический режим территории	144
7.3 Определение качества стока мелиоративной системы	156
7.4 Расчет выноса биогенных загрязнителей дренажным	173
стоком	
7.5 Расчет выноса биогенных загрязнителей поверхност-	179
ным стоком	
7.6 Оценка химического загрязнения реки-водоприемника	183
7.7 Прогноз потери гумуса при производстве мелиоратив-	192
но-строительных работ	
8 ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ	199
8.1 Охрана почв	199
8.2 Охрана вод водоприемника	203
8.3 Охрана флоры и фауны	212
8.4 Улучшение и облагораживание ландшафта	215
8.5 Противопожарные мероприятия на осушаемых тор-	217
фяниках	

ПРИЛОЖЕНИЯ

1 Схемы оросительной сети и технические характеристики дождевальных машин	230
2 Расстояния между дренами и открытыми осушителями	238
3 Гидрологические расчетные показатели стока	240
4 Гидравлические показатели мелиоративной сети	245
5 Обобщенные показатели качества стока мелиоративных систем	247
6 Исходные данные для выполнения практических заданий	249
7 Варианты исходных данных	256
8 Условные обозначения к схемам и планам мелиоративных систем	257
ЛИТЕРАТУРА	258

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Общие положения

Мелиоративные мероприятия на с/х землях позволяют не только расширять земельный фонд землепользователя за счёт малопродуктивных земель и болот, но и значительно повышают их плодородие - посредством ликвидации мелиоративной неустроенности, внедрения новых технологий и более высоких уровней агротехники.

Гидромелиоративные мероприятия на с/х землях позволяют создавать благоприятные условия для достижения высокой и гарантированно устойчивой урожайности с/х культур. Это касается в большой степени и гумидной зоны РФ, большинство районов которой характеризуются неудовлетворительным мелиоративным состоянием земель как вследствие переувлажнения, так и засухливости климатических условий по отдельным годам или фазам вегетационного периода весенне-летнего сезона.

Основной задачей осушительных мелиораций является удаление избыточной влаги из почвы за счет дренирования территории и устранения причин переувлажнения. Важным требованием к конструкции современной осушительной системы является обеспечение возможности проведения увлажнительных мероприятий в засушливые периоды вегетации растений (дождевание, увлажнительное шлюзование и, как минимум, предупредительное шлюзование). Наиболее полная реализация этого

требования может быть осуществлена только посредством создания мелиоративной системы двухстороннего регулирования.

Гидромелиоративные системы двухстороннего регулирования (осушительно-оросительные, осушительно-увлажнительные) позволяют полностью оптимизировать условия для произрастания с/х культур, что особенно актуально в условиях юго-западной части гумидной зоны РФ, куда входит значительная часть областей Нечерноземной зоны РФ.

Кроме улучшения водно-воздушного и пищевого режимов почв, гидромелиорация также благоприятно влияет и на микроклимат наземной части растений – улучшаются температурный режим почв и условия влажности приземного слоя воздуха, что дополнительно способствует увеличению урожайности.

Прибавка к урожайности с соответствующим снижением издержек на производство с/х продукции на мелиорируемых землях - составляет основную суть экономической эффективности проводимых мелиоративных мероприятий.

Мелиоративная система должна проектироваться в соответствии с современными требованиями с/х производства и землеустройства, учитывать требования и интересы землепользователей. При этом должны выдерживаться нормативно-технические условия природопользования и природообустройства, соблюдаться требования экологической экспертизы по предотвращению негативных воздействий на окружающую среду и прилегающие природные ландшафты;

Целями и задачами конкретных проектов мелиорации с/х земель являются (обычно в рамках местных, региональных или федеральных программ социально-экономического развития):

- повышение продуктивности (урожайности) уже используемых с/х земель;
- увеличение земельного фонда хозяйства землепользователя за счет заболоченных малопродуктивных земель;
- увеличение производства различных видов растениеводческой с/х продукции (овощей, зерна, картофеля, кормовых культур);
- развитие кормовой базы хозяйств в сфере животноводства (увеличение производства мясомолочной продукции).

1.2 Мелиоративные системы гумидной зоны

Практикой мелиорации с/х земель гумидной зоны РФ охвачены следующие типы мелиоративных систем:

- осушительные системы;
- оросительные системы с орошением дождеванием;
- системы двухстороннего регулирования водного режима почв (осушительно-оросительные, осушительно-увлажнительные).

В современных условиях для гумидной зоны характерно:

1. Строительство осушительных систем одностороннего регулирования в целом, но с обязательным в составе минимумом элементов для проведения увлажнительных мероприятий. Этим минимумом являются технические возможности для осуществле-

ния предупредительного шлюзования осушительной сети в периоды максимального стока (весенний период, дождевые паводки) с целью его задержания и создания подпора в засушливые периоды вегетации с целью прекращения сброса коллекторно-дренажных вод. Для этих целей на каналах предусматриваются специальные гидротехнические сооружения – шлюзы-регуляторы.

2. Строительство оросительных систем на богарных землях – в основном закрытого типа и с применением для увлажнения земель искусственного дождевания. Наибольшая эффективность от орошения характерна для таких групп с/х культур, как овощи и многолетние травы (овощные и овоще-кормовые севообороты, долголетние культурные пастбища).

3. Строительство мелиоративных систем двухстороннего регулирования, которые обеспечивают осушение и дополнительное полноценное увлажнение земель в засушливые периоды, а именно:

- осушительно-оросительных при поливе дождеванием;
- осушительно-увлажнительных с подпочвенным увлажнением (увлажнением корнеобитаемого слоя капиллярной подпиткой посредством подъема уровня грунтовых вод).

4. Широкое использование трубопроводной мелиоративной сети закрытого типа. Закрытая сеть, по сравнению с открытой сетью, несмотря на относительно высокую сметную стоимость, менее затратна при эксплуатации и более удобна для с/х использования земель.

В условиях гумидной зоны РФ апробированы на практике и имеют большую перспективу дальнейшего развития следующие типы мелиоративных систем:

1. Оросительные системы с использованием для орошения сточных вод (ЗПО – земельные поля орошения). Использование сточных вод представляет большой интерес по двум основным причинам:

- сточные воды содержат в своем составе большое количество питательных веществ для растений;

- решается проблема утилизации сточных вод (с природоохранной точки зрения - исключается их сброс в природные водные объекты), которая постепенно обостряется вследствие перехода с/х производства на промышленную основу - созданием крупных животноводческих ферм и комплексов, строительством населенных пунктов с городской инфраструктурой.

От обычных оросительных систем они отличаются особенностями конструкции и подбором соответствующих с/х культур. Что обусловлено санитарными нормами и требованиями по использованию сточных вод.

2. Системы двухстороннего регулирования с безуклонным (малоуклонным) дренажом. Использование таких систем позволяет эффективно решать технические проблемы мелиорации плоских слабоуклонных участков земель, характерных обычно для заболоченных территорий.

3. Экологически совершенные мелиоративные системы:

- системы двухстороннего регулирования водооборотного типа, основным принципом функционирования которых является исключение сброса коллектоно-дренажных вод в природные водные объекты. Для осуществления водооборота на таких системах устраиваются специальные водоемы-емкости (нижний и верхний пруды-накопители), куда сбрасываются дренажные воды, а в засушливые периоды вода возвратно подается на увлажнение;
- системы с комплексом природоохранных мероприятий, включая и рекреационные, на которых проектируются в определенном сочетании комплексы инженерных и природно-ландшафтных мероприятий, направленных на полное предотвращение или сведение к минимуму экологических ущербов для окружающей природной среды.

1.3 Основные элементы мелиоративных систем

В состав осушительных систем входят следующие основные элементы:

1. Водоприемники (реки, каналы, водоемы, элементы гидрографической сети – тальвеги, лога, балки);
2. Осушительная сеть с сооружениями и устройствами на ней:
 - проводящая сеть (закрытые и открытые коллекторы, магистральные каналы разных порядков);
 - регулирующая осушительная сеть (закрытые дрены, открытые осушители);

- оградительная сеть (нагорные каналы, ловчий дренаж, нагорно-ловчие каналы).

3. Дорожная сеть (дороги: внутрихозяйственные с твердым покрытием, полевые и эксплуатационные – грунтовые профилированные).

4. Сооружения и устройства на системе:

- гидротехнические (оградительные дамбы, шлюзы-регуляторы, русловые плотины, водорегулирующие сооружения речного и поверхностного стока);

- дорожные (трубопереезды, мостовые переезды, пешеходные мосты);

- дорожно-гидротехнические (регуляторы-переезды, дамбы);

- эксплуатационные (знаки береговой обстановки, гидрометрические посты, гидрогеолого-мелиоративные створы наблюдательных колодцев и скважин, производственные здания и постройки для нужд службы эксплуатации, управления и связи);

- природоохранные (отстойники на каналах, водоемы-резерваты, инфильтрационные каналы)

5. Ландшафтно-экологические элементы (лесополосы, площадные лесо-кустарниковые насаждения с водоемами для микрорезерватов дикой фауны, водоохранные прибрежные полосы с древесно-кустарниковыми насаждениями).

Осушительно-увлажнительные системы дополнительно могут иметь следующие элементы:

- водоисточники, водоисточники-водоприемники (водое-

мы – пруды-накопители, водохранилища, скважины, колодцы, каптажные сооружения);

- водопроводящие оросительные (увлажнительные) трубопроводы и каналы с сооружениями на них;

- водорегулирующие сооружения (как на закрытой, так и на открытой осушительной сети);

- дождевальные машины и установки;

- стационарные и передвижные насосные станции.

2. ВОДНЫЙ РЕЖИМ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

2.1 Режим орошения с/х культур

Показатели режима орошения с/х культур могут устанавливаться как на основе практических рекомендаций (например, по данным ВНИИГиМ, составленным для отдельных регионов Нечерноземной зоны РФ), так и расчетным путем по существующим методикам. Наиболее распространенной в практике мелиорации является воднобалансовая методика расчета - по методу оценки динамики влагозапасов почвы от начала вегетационного периода (см. п. 2.1.1).

2.1.1 Расчет водного баланса

Расчет режима орошения на основе уравнения водного баланса производится посредством разбивки периода вегетации на временные отрезки – декады. Определение показателей режима орошения с/х культур (поливных норм и сроков поливов), исходя из динамики влагозапасов в почве, производится на основе выполнимости условия:

$$НОП < W < ППВ, \quad (2.1)$$

где W – расчетная влажность в почве на текущий момент;

$НОП$ – нижний оптимальный предел влажности в почве для с/х культуры;

$ППВ$ – предельная полевая влагоемкость почвы.

Запас влаги в корнеобитаемом слое в конце каждой расчетной декады определяется на основе уравнения водного баланса:

$$W_{\kappa} = W_{\text{н}} + \Delta W + P_{\text{г}} + E_{\text{г}} - E, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.2)$$

где $W_{\text{н}}$ – запас влаги в корнеобитаемом слое почвы в начале расчетной декады, $\text{м}^3/\text{га}$;

ΔW – запас влаги в слое прироста корневой системы за расчетную декаду, $\text{м}^3/\text{га}$;

$E_{\text{г}}$ – подпитка корнеобитаемого слоя грунтовыми водами, $\text{м}^3/\text{га}$;

E – суммарное испарение (водопотребление с/х культуры) за расчетный период – декаду, $\text{м}^3/\text{га}$;

$P_{\text{г}}$ – используемые атмосферные осадки для года расчетной обеспеченности, $\text{м}^3/\text{га}$.

Величина $W_{\text{н}}$ по каждой декаде устанавливается на основе анализа водного баланса предыдущей декады. Его величина принимается равной $ППВ$ на начало $1^{\text{й}}$ расчетной декады вегетационного периода.

В случае выполнимости условия(2.1): $НОП < W_{\kappa} < ППВ$ - запас влаги конца предыдущей декады переносится на начало следующей, т.е. $W_{\kappa} = W_{\text{н}}$. В случаях, когда в предыдущей декаде будет иметь место недостаток влаги (назначается полив), запас влаги на начало следующей декады определяется прибавкой поливной нормы (m) к запасу влаги конца предыдущей декады, т.е.: $W_{\text{н}} = W_{\kappa} + m$.

В последней декаде периода вегетации полив назначать не рекомендуется - переносится в предыдущую декаду.

При расчете динамики влагозапасов по уравнению(2.2) возможны три варианта результатов (графическая иллюстрация показана на рис. 2.1):

а) $W_k > ППВ$

В этом случае в почве будет избыток влаги и его величина будет составлять: $I = W_k - ППВ, м^3/га$;

б) $НОП < W_k < ППВ$

Влажность расчетного слоя почвы находится в оптимальных пределах и мероприятий по регулированию влажности не требуется.

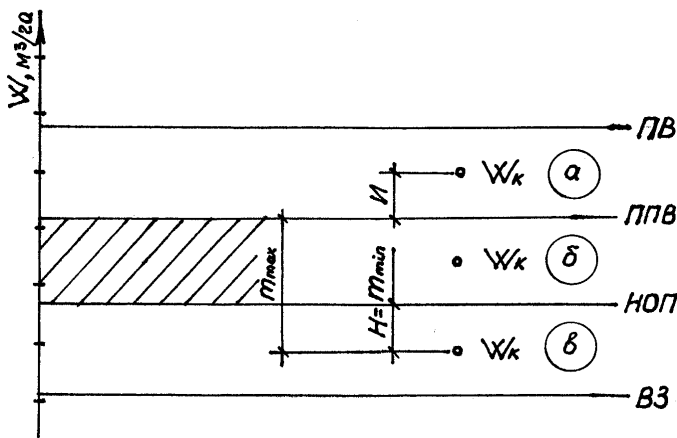


Рис. 2.1 Схема уровней влагозапасов почвы (к расчету водного баланса)

в) $W_k < НОП$

В почве имеет место недостаток (дефицит) влаги, его величина будет равна: $H = НОП - W_{\kappa}, \text{ м}^3/\text{га}$. В этот период назначается полив нормой в пределах: $m_{\min} < m < m_{\max}$, (при дождевании $200 \leq m \leq 1000 \text{ м}^3/\text{га}$),

где $m_{\max} = ППВ - W_{\kappa}$

2.1.2 Расчет элементов водного баланса

Используемые атмосферные осадки определяются по зависимости:

$$P_u = 10 \cdot P_0 \cdot K_p \cdot K_u, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.3)$$

где P_0 – атмосферные осадки за декаду по среднемноголетним данным, мм;

K_u – коэффициент использования осадков ($K_u = 0,6 \dots 0,7$);

K_p – модульный коэффициент перехода от величины среднемноголетней к величине расчетной обеспеченности.

Суммарное испарение (водопотребление) при использовании формулы И.А.Шарова:

$$E = K_e \cdot n_d \cdot t_{cp}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.4)$$

где K_e – модуль испарения, $\text{м}^3/\text{га} \cdot 1^\circ\text{C}$;

n_d – количество дней в декаде, сут;

t_{cp} – средняя температура воздуха в расчетной декаде, $^\circ\text{C}$.

Запас продуктивной влаги в слое прироста корневой системы растений определяется по формуле (С.Ф. Аверьянов, П.А. Волковский):

$$\Delta W = \Delta ПВ \sqrt{1 - \frac{y}{H_{\kappa}} \left[1 - \left(\frac{BZ_{cp}}{П_{cp}} \right)^2 \right]}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.5)$$

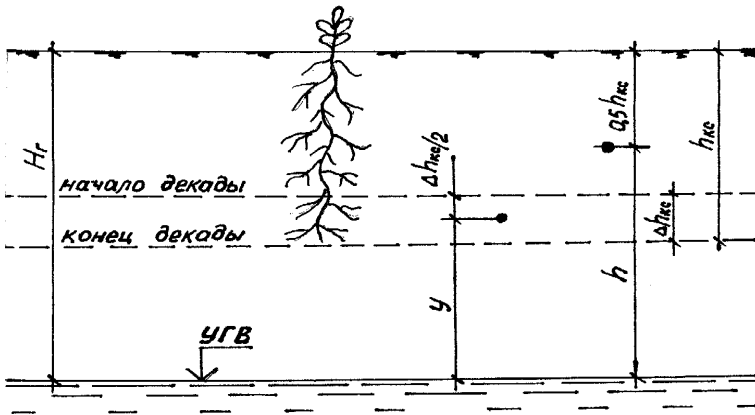


Рис. 2.2 Схема к расчету ΔW и E_t

где $\Delta ПВ$ – полная влагоемкость почвы в слое прироста корневой системы за расчетную декаду, $\text{м}^3/\text{га}$. Ее величина будет равна:

$$\Delta ПВ_i = ПВ_i - ПВ_{i-1}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.6)$$

$ПВ_i$ – полная влагоемкость почвы в расчетную декаду, $\text{м}^3/\text{га}$;

$ПВ_{i-1}$ – то же в предыдущую декаду, $\text{м}^3/\text{га}$;

y – расстояние от УГВ до середины слоя прироста корневой системы (м), его размер определяется по формуле (см. рис.2.2):

$$y = H_{\Gamma} - h_{\kappa\kappa} + 0,5\Delta h_{\kappa\kappa}, \text{ м} \quad (2.7)$$

H_{Γ} – глубина грунтовых вод, м;

$h_{\kappa\kappa}$ – расчетная глубина корневой системы, м;

$\Delta h_{\kappa\kappa}$ – слой прироста корневой системы в соответствующую декаду, м;

H_{κ} – максимальная высота капиллярного поднятия, м (см. прилож.6, табл. 5);

$\Pi_{cp}, BЗ_{cp}$ – средние пористость и влажность завядания в % от объема почвы в слое (у) от УГВ до середины слоя прироста корневой системы (прилож. 6, табл.5).

При значениях $y \geq H_{\kappa}$ расчет ΔW не производится, а его значение принимается равным приросту $\Pi\Pi B$ (т.е. $\Delta W = \Delta\Pi\Pi B_i = \Pi\Pi B_i - \Pi\Pi B_{i-1}$).

Величину подпитывания активного слоя почвы грунтовыми водами рекомендуется определять по формуле (Аверьянов С.Ф., Шаров И.А.):

$$E_{\Gamma} = E_0 \left(1 - \frac{h}{H_{\kappa}} \right)^2, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.8)$$

где H_{κ} – максимальная высота капиллярного поднятия (прилож. 6), м;

E_0 – испаряемость за расчетную декаду, $\text{м}^3/\text{га}$. Ее величина определяется по формуле:

$$E_0 = K_0 \cdot n_{\text{д}} \cdot t_{cp}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (2.9)$$

где K_0 – модуль испарения при ППВ, $\text{м}^3/\text{га} \cdot 1^\circ\text{C}$;

n_d – количество дней в декаде, сут;

t_{cp} – средняя температура воздуха за расчетный период (декаду), $^\circ\text{C}$;

h – расстояние от уровня грунтовых вод до середины корнеобитаемого слоя, м. Его величина в каждую декаду будет равна (см. рис. 2.2):

$$h = H_r - 0,5h_{к.с.}, \text{ м.} \quad (2.10)$$

где H_r – глубина грунтовых вод, м;

$h_{к.с.}$ – глубина корневой системы, м.

2.1.3 Пример воднобалансового расчета

Исходные данные: 1. Местоположение - Брянская область (ближайшая метеостанция – г. Почеп, метеоданные - см. в прилож.б: табл. 1 и 2), обеспеченность расчетного года - 75% (среднезасушливый год).

2. Расчетная культура – картофель: $h_{к.с.} = 60\text{см}$, НОП=65-75%, период вегетации - с первой декады мая по первую декаду сентября (см. прилож.б, табл. 7).

3. Тип почвы – торфяно-перегнойные (расчетные показатели см. в табл. 2.1 и 2.2).

Таблица 2.1 - Показатели уровней влажности

Показатели влагоемкости почвы	Уровень влажности почвы в $\text{м}^3/\text{га}$ в соответствующих слоях почвы, см							
	10	20	30	40	50	60	70	80
ПВ	780	1540	2280	3020	3780	4500	5160	5800
ППВ	550	1080	1600	2100	2660	3180	3660	4120
ВЗ	270	500	750	1000	1260	1480	1680	1900

Таблица 2.2 - Водно-физические свойства почвы

Почва	Пористость P_{cp} в % к объему	Влажность завядания BZ_{cp} в % к объему	Макс. высота капилляр. поднятия H_k , см
Торфяно-перегнойная сильноразложившаяся	65...75	20...26	70...90

4. Уровни грунтовых вод по вегетационному периоду
 $H_f=60-100\text{см}$ (см. прилож.6, табл. 8).

Расчет

Пример оформления воднобалансового расчета поливных норм и сроков поливов приводится в табл. 2.3 и на рис. 2.3.

Принимаем расчетные показатели: $H_k=80\text{см}$, $P_{cp}=70\%$,
 $BZ_{cp}=23\%$ - (табл. 2.2); $K_e=2,0\text{м}^3/\text{га}\cdot 1^\circ\text{C}$, $K_0=2,5\text{ м}^3/\text{га}\cdot 1^\circ\text{C}$,
 $K_u=0,65$, $K_p=0,821$ - (по справочным данным).

а) первая декада мая

Для первой декады расчетного периода принимаются:
 $\Delta W=0$, а $W_n=ППВ$, т.е. в данном случае: $W_n=550\text{ м}^3/\text{га}$. Результа-
таты расчета остальных показателей следует см. в таблице 2.3.

б) вторая декада мая

Для второй декады мая: $n_d=10\text{сут}$, $t_{cp}=13,0^\circ\text{C}$, $P_0=15\text{мм}$,

$H_r=70\text{см}$, $h_{к.с}=20\text{см}$, $W_n=417\text{ м}^3/\text{га}$.

Используемые атмосферные осадки (ф-ла 2.3):

$$P_u = 10 \cdot 15 \cdot 0,821 \cdot 0,65 = 80 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Суммарное водопотребление (ф-ла 2.4) :

$$E = 2,0 \cdot 10 \cdot 13,0 = 260 \text{ м}^3/\text{га}$$

Испаряемость при ППВ (ф-ла 2.9):

$$E_0 = 2,5 \cdot 10 \cdot 13,0 = 325,0 \text{ м}^3/\text{га}$$

Запас влаги в слое прироста корневой системы:

$$\Delta W = \Delta ПВ \sqrt{1 - \frac{y}{0,80} \left[1 - \left(\frac{23}{70} \right)^2 \right]} =$$

$$\Delta ПВ \sqrt{1 - 1,115 \cdot y} = 760 \sqrt{1 - 1,115 \cdot 0,55} = 473 \text{ м}^3 / \text{га}$$

где $y = H_r - h_{к.с} + 0,5 \Delta h_{к.с} = 0,70 - 0,20 + 0,5 \cdot 0,10 = 0,55 \text{ м}$ (ф-ла 2.7);

$$\Delta ПВ_2 = ПВ_2 - ПВ_1 = 1540 - 780 = 760 \text{ м}^3/\text{га} \text{ (ф-ла 2.6).}$$

Подпитывание грунтовыми водами (ф-ла 2.6):

$$E_r = E_0 \left(1 - \frac{h}{H_K} \right)^2 = E_0 \left(1 - \frac{h}{0,80} \right)^2 = 325 \cdot \left(1 - \frac{0,60}{0,80} \right)^2 = 20,3(20) \text{ м}^3 / \text{га}$$

где $h = H_r - 0,5 h_{к.с.} = 0,70 - 0,5 \cdot 0,20 = 0,60 \text{ м}$ (ф-ла 2.10)

По уравнению (2.2) получаем:

$$W_k = W_n + \Delta W + P_u + E_r - E = 417 + 473 + 80 + 20 - 260 = 730 \text{ м}^3/\text{га}$$

Анализ результата: $730 \text{ м}^3/\text{га} < \text{НОП} = 756 \text{ м}^3/\text{га}$ – следовательно, в данную декаду имеет место недостаток влаги $W_k < \text{НОП}$ - (зона «в» - см. рис.2.1).

Недостаток влаги будет равен: $H = \text{НОП} - W_k = 756 - 730 = 26 \text{ м}^3/\text{га}$.

Максимальная поливная норма может быть:

$$m_{\max} = \text{ППВ} - W_k = 1080 - 730 = 350 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Окончательно принимаем $m = 250 \text{ м}^3/\text{га}$, тогда запас влаги на начало следующей расчетной декады будет равен:

$$W_{n3} = W_{k2} + m = 730 + 250 = 980 \text{ м}^3/\text{га}.$$

в) третья декада мая

Для третьей декады мая: $n_d = 11 \text{ сут}$, $t_{cp} = 14,5^\circ\text{C}$, $P_0 = 17 \text{ мм}$, $H_r = 80 \text{ см}$, $h_{к.с} = 30 \text{ см}$, $W_n = 980 \text{ м}^3/\text{га}$.

Для следующей декады вегетационного периода аналогично получаем:

$$P_u = 10 \cdot 17 \cdot 0,821 \cdot 0,65 = 90,7(91) \text{ м}^3/\text{га}; \quad E = 2,0 \cdot 11 \cdot 14,5 = 319 \text{ м}^3/\text{га};$$

$$E_0 = 2,5 \cdot 11 \cdot 14,5 = 398,8 \text{ м}^3/\text{га}$$

$$\Delta W = \Delta \text{ПВ} \sqrt{1 - 1,115 \cdot y} = 740 \sqrt{1 - 1,115 \cdot 0,55} = 460,7(461) \text{ м}^3/\text{га}$$

где: $y = 0,80 - 0,30 + 0,5 \cdot 0,10 = 0,55$;

$$\Delta \text{ПВ}_3 = \text{ПВ}_3 - \text{ПВ}_2 = 2280 - 1540 = 740 \text{ м}^3/\text{га}.$$

$$E_T = E_0 \left(1 - \frac{h}{0,80} \right)^2 = 398,8 \cdot \left(1 - \frac{0,65}{0,80} \right)^2 = 14,0 \text{ м}^3 / \text{га}$$

где: $h = 0,70 - 0,5 \cdot 0,30 = 0,65 \text{ м}$.

Запас влаги на конец декады:

$$W_k = 980 + 461 + 91 + 14 - 319 = 1227 \text{ м}^3 / \text{га}$$

Анализ результата: $730 < 1227 \text{ м}^3 / \text{га} < 756$ – следовательно, в данную декаду имеет место оптимальный режим влажности - $НОП < W_k < ППВ$ - (зона «б» - см. рис.2.1).

Расчетный запас влаги на начало следующей расчетной декады будет равен: $W_{н4} = W_{к3} = 1227 \text{ м}^3 / \text{га}$.

г) последняя декада расчетного периода

Полив последней декады, согласно правилам расчета, переносится на предпоследнюю декаду (см. рис.2.3).

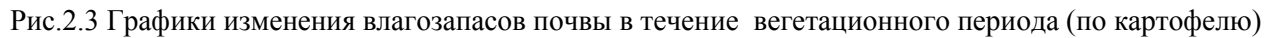
Результаты расчета

Точные сроки каждого полива рекомендуется определять графически. По данным таблицы 2.3 построены графики (рис.2.3) изменения водных свойств почвы по периоду вегетации: $ППВ = f(T)$, $НОП = f(T)$, $BЗ = f(T)$ и $W_k = f(T)$.

Величина оросительной нормы в данном случае определяется как сумма поливных норм, т.е.: $M = \sum m_i$.

Таблица 2.3 - Расчет водного баланса корнеобитаемого слоя почвы (по картофелю)

Период вегетации		t^0, C	$H_{г, см}$	$h_{к.с, см}$	$P_0, мм$	Водные свойства почвы, $м^3/га$				Приход и расход влаги, $м^3/га$				Запас влаги, $м^3/га$		Баланс влаги, $м^3/га$		Поливная норма, $м^3/га$	
Месяц	Декада					ПВ	ППВ	НОП	ВЗ	+ ΔW	+ P_H	+ E_T	- E	W_H	W_E	И	Н	m_{max}	m
Май	1	11,5	60	10	13	780	550	385	270	0	69	28	230	550	417	-	-	-	-
	2	13,0	70	20	15	1540	1080	756	500	473	80	20	260	417	730	-	26	350	250
	3	14,5	80	30	17	2280	1600	1120	750	461	91	14	319	980	1227	-	-	-	-
Июнь	1	16,0	90	40	18	3020	2100	1470	1000	461	96	6	320	1227	1470	-	-	-	-
	2	16,5	90	50	20	3780	2660	1862	1260	536	107	15	330	1470	1768	-	-	892	500
	3	17,0	90	60	22	4500	3180	2226	1480	508	117	27	340	2268	2580	-	-	-	-
Июль	1	18,0	100	60	24	4500	3180	2226	1480	0	128	7	360	2580	2355	-	-	-	-
	2	18,5	100	60	25	4500	3180	2226	1480	0	133	7	370	2355	2125	-	101	1055	600
	3	18,5	100	60	25	4500	3180	2226	1480	0	133	8	407	2725	2459	-	-	-	-
Август	1	18,0	100	60	22	4500	3180	2226	1480	0	117	7	360	2459	2223	-	3	957	500
	2	16,0	100	60	19	4500	3180	2226	1480	0	107	6	320	2723	2510	-	-	-	-
	3	15,0	100	60	17	4500	3180	2226	1480	0	91	6	330	2510	2277	-	-	-	-
Сентябрь	1	13,6	90	60	15	4500	3180	2226	1480	0	80	21	272	2277	2106	-	120	1074	250
	2	-	-	-	-	4500	3180	2226	1480	-	-	-	-	2356	-	-	-	-	-
				$\Delta h_{-к} = 10 см$		НОП=70% от ППВ (см. табл.1.4) Показатели соответствуют концу декады				$H_k = 80 см;$ $BЗ_{ср}=23\%;$ $Пер=70\%$	$K_1=0,65;$ $K_p=0,821$	$H_k = 80 см;$ $K_0=2,5 м^3/га \cdot 1^0 C$	$K_0=2 м^3/га \cdot 1^0 C$			$H=НОП-W_k$	$m_{max} = ППВ-W_k$	$\Sigma m_i = 2100 м^3/га$	



Результаты расчета по данным табл.2.3 и рис. 2.3 приводятся в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Результаты расчета режима орошения по картофелю

№ полива	Сроки поливов	Поливные нормы(m), м ³ /га	Оросительная норма (M), м ³ /га
1	16 / V	250	
2	10 / VI	500	
3	12 / VII	600	2100
4	6 / VIII	500	
5	26 / VIII	250	

2.2 Режим орошения севооборота

Режим орошения севооборота устанавливается графически - посредством построения соответствующих графиков поливов на весь период вегетации, где «интегрируются» показатели режима орошения по всем с/х культурам, входящим в состав севооборота:

- при самотечном орошении - графика гидромодуля (q , л/с·га);
- при орошении дождеванием - графика поливов-водоподачи (Q , л/с). Начальный вариант графика поливов (неукомплектованный график) обычно характеризуется крайне большой неравномерностью водоподачи, что вызывает необходимость его улучшения – преобразования (укомплектования). Укомплектованный график поливов является основой для проектирования оросительной сети на севооборотном участке.

2.2.1 Графики поливов при орошении дождеванием

а) неукомплектованный график поливов

Для построения неукомплектованного графика поливов (рис. 2.4а) составляется соответствующая ведомость (табл. 2.5), куда заносятся исходные (проектные) и расчетные показатели режима орошения по всем культурам севооборота. Расчётные данные, необходимые для построения неукомплектованного графика поливов, определяются по формулам:

- продолжительность полива поля:

$$t = \frac{m_{\text{оп}} \cdot F_{\text{HT}}}{86,4 \cdot Q \cdot N_M \cdot K_{\text{сум}}}, \text{ сут} \quad (2.11)$$

где:

$$F_{\text{HT}} = K_{\text{ЗИ}} \cdot \frac{F_{\text{C/O}}}{N_{\text{П}}}, \text{ га}; \quad (2.12)$$

$$K_{\text{сум}} = \frac{n_{\text{CM}} \cdot T_{\text{CM}}}{24} \cdot K_{\text{CM}} \quad (2.13)$$

$$m_{\text{БП}} = \frac{m}{K_B} \quad (2.14)$$

- потребное количество дождевальных машин для полива поля:

$$N_M = \left[\frac{t}{t} \right] \quad (2.15)$$

В вышеприведенных формулах:

F_{HT} – средняя площадь поля нетто, га;

N_m – количество дождевальных машин, работающих на одном поле;

Q – расход воды дождевальной машины, л/с.

$F_{c/o}$ – площадь севооборота брутто, га;

K_{3H} – коэффициент земельного использования (для оросительных систем закрытого типа $K_{3H}=0,96-0,97$);

N_{II} – количество полей в севообороте;

$m_{бр}$ – поливная норма брутто, м³/га;

m – поливная норма нетто, м³/га;

$K_B=0,8-0,9$ – коэффициент использования воды на поле;

$K_{сут}$ – коэффициент использования времени суток при производстве поливов;

$n_{см}$ – количество рабочих смен в сутках;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены;

$K_{см}$ – коэффициент использования рабочего времени в течение рабочей смены (определяют по технической характеристике дождевальной машины);

[t] – допустимая продолжительность полива поля, зависящая от с/х культуры и агротехнических условий. Для основных групп с/х культур величина [t] принимается: овощи, картофель – 3...6 сут; зерновые, корнеплоды – 5...8 сут; технические культуры – 6...9 сут; многолетние травы – 8...12 сут.

б) укомплектованный график поливов

Укомплектование графика поливов начинается с ведущей культуры севооборота. Укомплектование производится только за счет сдвига средних сроков поливов при неизменных ординатах (Q), т. к. расход воды дождевальной машины не может изменяться по техническим причинам.

Допустимые (максимальные) сдвиги средних сроков поливов зависят от с/х культур и, согласно правилам укомплектования, принимаются в пределах: овощи, картофель – до 3 сут; зерновые, корнеплоды – до 4 сут; технические культуры, многолетние травы – до 5 сут. Межполивной интервал может изменяться на величину до 5...7 сут.

Расчетная продолжительность минимального межполивного интервала определяется по зависимости:

$$T_{МП} = F_{HT} / F_K, \text{ сут} \quad (2.16)$$

где F_K - суточная производительность культивации, га/сут.

2.2.2 Пример составления графиков поливов

Схема орошения 6-польного овощекормового севооборота площадью $F_{op}=356,4\text{га}$ изображена на рис.3.1, дождевальная машина - марки ДКШ-64А.

а) неукomплектованный график полива

Ведомость с исходными и расчетными показателями, необходимыми для построения неукomплектованного графика, приводится в таблице 2.5.

В качестве примера рассматриваем одну из строк таблицы 2.5: полив №3 по картофелю ($m=600 \text{ м}^3/\text{га}$).

Согласно технической характеристике ДКШ-64А: $Q=83 \text{ л/с}$, $K_{cm}=0,80-0,86$ (в среднем $0,83$).

По вышеприведенным формулам (2.11...2.15) определяем:

- продолжительность полива поля

$$t = \frac{667 \cdot 57,6}{86,4 \cdot 83 \cdot 1 \cdot 0,55} = 9,74 \text{ сут},$$

где:

$$F_{HT} = 0,97 \cdot \frac{356,4}{6} = 57,6 \text{ га},$$

$$m_{BP} = \frac{600}{0,90} = 667 \text{ м}^3 / \text{га},$$

$$K_{CVT} = \frac{2 \cdot 8}{24} \cdot 0,83 = 0,55.$$

- потребное количество дождевальных машин для полива поля

$$N_M = \frac{t}{[t]} = \frac{9,74}{6} = 1,62 (\text{принимаем} - 2 \text{шт}).$$

Уточняем продолжительность полива:

$$t = 9,74 / 2 = 4,87 \text{ сут} (\text{принимаем } t = 5 \text{ сут}),$$

и, исходя из среднего дня полива -12/VII, устанавливаем сроки полива: с 10/VII по 14/VII.

Для остальных поливов расчет производится аналогично (см. табл. 2.5). По данным таблицы 2.5 строим неукomплектованный график поливов (см. рис. 2.4 а).

б) укomплектованный график поливов-водоподачи

Используя вышеприведенные нормативы и правила (п.2.2.2), производим укomплектование графика поливов (см. рис. 2.4 б).

Проектные показатели режима орошения севооборота, установленные на основе укomплектованного графика поливов-водоподачи, приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.5 - Исходные и расчётные показатели неукомплектованного графика поливов ДКШ-64А

С/х культуры	№ поливов	Сред. дата (день) полива	Поливная норма (м), м³/га		Оросительная норма (М), м³/га		F _{ит, га}	K _{сум}	Продолж. поливов, сум		Расчётные показатели неукомплектованного графика поливов				
			нетто	брутто	нетто	брутто			t	принято		Q, л/с	сроки полива		
										[t]	N _{м.шт}		t, сум	от	до
1. Многол. травы (2 поля)	1	5/ VI	600	667	2400	2668	115,2	0,55	19,5	10	2	10	166	1/ VI	10/ VI
	2	25 VI	600	667					19,5	10	2	10	166	21/ VI	30/ VI
	3	16/ VII	600	667					19,5	10	2	10	166	12/ VII	21/ VII
	4	6/ VIII	600	667					19,5	10	2	10	166	2/ VIII	11/ VIII
2. Зернобобовые	1	7/ VI	500	556	1700	1890	57,6	0,55	8,1	7	2	4	166	5/ VI	9/ VI
	2	8/ VII	600	667					9,7	7	2	5	166	6/ VII	10/ VII
	3	11/ VIII	600	667					9,7	7	2	5	166	9/ VIII	13/ VIII
3. Корнеплоды	1	28/ V	400	667	2000	2222	57,6	0,55	6,5	7	1	7	83	25/ V	31/ V
	2	24/ VI	600	667					9,7	7	2	5	166	22/ VI	26/ VI
	3	23/ VII	600	667					9,7	7	2	5	166	21/ VII	25/ VII
	4	17/ VIII	400	444					6,5	7	1	7	83	14/ VIII	20/ VIII
4. Картофель	1	10/ V	250	278	2100	2335	57,6	0,55	4,1	6	1	4	83	14/ V	17/ V
	2	10/ VI	500	556					8,1	6	2	4	166	8/ VI	11/ VI
	3	12/ VII	600	556					9,7	6	2	5	166	10/ VII	14/ VII
	4	6/ VIII	500	556					8,1	6	2	4	166	4/ VIII	7/ VIII
	5	26/ VIII	250	278					4,1	6	1	4	83	22/ VIII	25/ VIII
5. Овощи	1	27/ V	300	333	2300	2553	57,6	0,55	4,9	4	2	3	166	26/ V	28/ V
	2	5/ VI	400	444					6,5	4	2	4	166	3/ VI	6/ VI
	3	22/ VI	400	444					6,5	4	2	4	166	23/ VI	26/ VI
	4	18/ VII	400	444					6,5	4	2	4	166	16/ VII	19/ VII
	5	8/ VIII	400	444					6,5	4	2	4	166	6/ VIII	9/ VIII
	6	29/ VIII	400	444					6,5	4	2	4	166	27/ VIII	30/ VIII

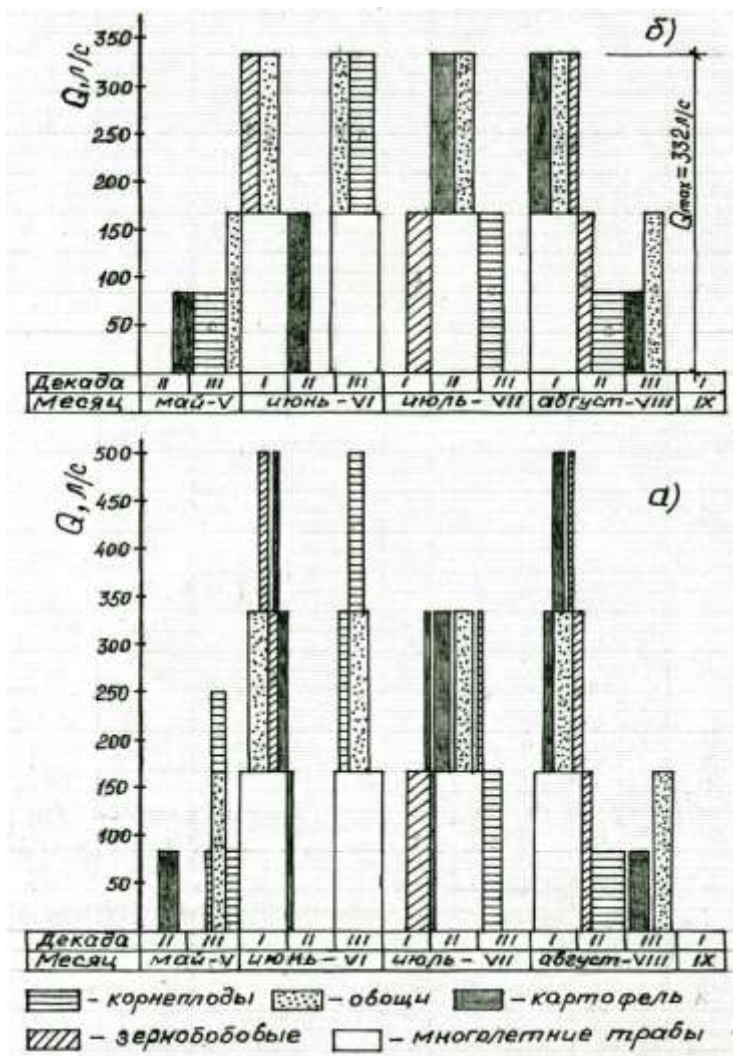


Рис. 2.4 Графики водоподачи на орошение овощекормового севооборота дождеванием ДКШ-64А:

а) неукomплектованный; б) неукomплектованный

Таблица 2.6 - Ведомость укомплектованного графика поливов-водоподачи

С/х культуры	Площадь $F_{ит}$, га	№ полива	Норма, $м^3/га$		Сроки поливов		Продолж. полива t , сут	Расход воды Q , л/с
			оросит. (М)	поливная (м)	начало	конец		
1. Многол. травы	115,2	1	2400	600	1/VI	10/VII	10	166
		2		600	20/VII	29/VII	10	166
		3		600	11/VIII	20/VIII	10	166
		4		600	1/VIII	10/VIII	10	166
2. Зернобобовые	57,6	1	1700	500	1/VI	4/VI	4	166
		2		600	6/VII	10/VII	5	166
		3		600	9/VIII	13/VIII	5	166
3. Корнеплоды	57,6	1	2000	500	22/V	28/VI	7	83
		2		600	24/VI	28/VI	5	166
		3		600	20/VII	24/VII	5	166
		4		400	14/VIII	20/VIII	7	83
4. Картофель	57,6	1	2100	250	18/V	21/V	4	83
		2		500	11/VI	14/VI	4	166
		3		600	11/VII	15/VII	5	166
		4		500	1/VIII	4/VIII	4	166
		5		250	21/VIII	24/VIII	4	83
5. Овощи	57,6	1	2300	300	29/V	31/V	3	166
		2		400	5/VI	9/VI	4	166
		3		400	20/VI	23/VI	4	166
		4		400	16/VII	19/VII	4	166
		5		400	5/VIII	8/VIII	4	166
		6		400	25/VIII	28/VIII	4	166
Итого:	345,6	-	2170	-	-	-	-	-

2.3 Режим осушения переувлажненных земель

Установление показателей режима осушения необходимо для обоснования проектируемых мелиоративных мероприятий и

расчета параметров мелиоративной сети. Для установления проектных показателей режима осушения широко используются обобщенные нормативно-справочные данные [11]. Ниже приводятся цифровые показатели режима осушения по основным группам с/х культур.

2.3.1 Аэрация и влажность почвы

Водно-воздушный режим почв оценивается пределами оптимальной влажности ($W, \%$) и содержанием воздуха ($A, \%$) в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне ее полной влагоемкости, т.е.: $PB=W+A=100\%$. Показатели оптимального водно-воздушного режима осушаемых земель приводятся в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Пределы оптимальной влажности и аэрации осушаемых почв в вегетационный период с/х культур (в % от ПВ)

Сельскохозяйственные культуры	В слое 0 – 30см				В слое 30 – 50см			
	$W, \%$		$A, \%$		$W, \%$		$A, \%$	
	торф. почв	минер. почв	торф. почв	мин. почв	торф. почв	мин. почв	торф. почв	мин. почв
1. Многолетние травы, пастбища	60-75	70-80	25-40	20-30	65-80	75-85	20-35	15-25
2. Зерновые от всходов до колошения	60-70	50-60	30-40	40-50	65-75	55-65	25-35	35-45
3. Зерновые от колошения до молочной спелости	55-70	40-60	30-45	40-50	60-75	45-65	25-40	35-55
4. Картофель, корнеплоды	55-70	60-70	30-45	30-40	60-75	65-80	25-40	20-35
5. Овощи	60-70	50-60	30-40	40-50	65-80	55-70	20-35	30-45

2.3.2 Допустимые сроки отвода избыточных вод

Допустимые сроки отвода избыточных вод в весенний и вегетационный периоды приведены в таблицах 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8 - Допустимая продолжительность весеннего затопления сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственные культуры	Продолжительность затопления без ущерба для урожайности с/х культур, сут
1. Травы луговые: - клевер, овсяница	5-10
- тимофеевка, мятлик, мышиный горошек	12-15
- лисохвост, костёр	15-25
- канареечник, бекмания	25-30
2. Озимые зерновые	0
3. Яровые зерновые, овощи, силосные, пропашные	7-10
4. Многолетние травы пастбищные	12-15

Таблица 2.9 - Сроки отвода поверхностных и почвенных вод в вегетационный период

Сельскохозяйственные культуры	Сроки отвода избыточных вод, сут			
	поверхностных вод	из пахотного слоя 0-0,25 м	из подпахотного слоя 0,25-0,5 м	от 0,5 м до нормы осушения
1. Зерновые	0,5	1,2	2,0-3,0	4,0-5,0
2. Корнеплоды, овощи	0,8	1,5	2,0-3,0	4,0-5,0
3. Многолетние травы	1,5	2,0-3,0	3,0-5,0	6,0-7,0
4. Картофель	0,5	1,0-2,0	2,0-4,0	5,0-6,0
5. Силосные	0,8	1,0-2,0	2,0-3,0	4,0-5,0

2.3.3 Режим глубины грунтовых вод

Требования к режиму глубины грунтовых вод (нормам осушения) в различные периоды обусловлены:

- в весенний предпосевной период – условиями производства механизированных с/х работ;
- в период вегетации – обеспечением для с/х культур оптимального водно-воздушного режима почв;
- в осенне-зимний период – необходимостью поддержания биохимических процессов, способствующих улучшению (восстановлению) плодородия почв.

Оптимально достаточные значения норм осушения приводятся в таблице 2.10.

Таблица 2.10 - Нормы осушения с/х земель, см

Сельскохозяйственные культуры	Весенний предпосевной период		Первый месяц вегетации		К концу вегетации		Осенне-зимний период
	торфяники	минер. почвы	суглин. почвы, торф	песчаные, супесчан. почвы	суглин. почвы, торф	песчаные, супесчан. почвы	
1. Озимые зерновые	70-80	60-70	80	70	90	80	70-80
2. Зерновые яровые	60-70	50-60	80	70	90	80	60-70
3. Силовосные	60-70	50-60	85	75	95	85	60-70
4. Многолетние травы	60-70	50-60	70	60	80	70	70-80
5. Картофель	60-70	50-60	100	90	110	100	60-70
6. Корнеплоды, овощи	60-70	50-60	90	80	100	90	60-70
7. Луговые травы	40-50	30-40	65	55	75	65	60-70
8. Пастбищные травы	50-60	40-50	70	60	85	75	60-70

3 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ

3.1 Выбор дождевальной машины

При выборе дождевальной машины анализируются в основном следующие условия и факторы:

- соответствие впитывающей способности почв интенсивности дождя дождевальной машины;
- рельеф орошаемого массива и уклоны поверхности земли;
- с/х использование земель (на соответствие с/х культур и посевов параметрам дождевальной техники);
- конфигурация и размеры орошаемого участка;
- местные условия и технико-экономические показатели.

3.1.1 Сопоставление впитывающей способности почвы и интенсивности дождя

При отсутствии опытных данных по скорости впитывания воды в почву расчет производится на основе по формулы Костякова А.Н.:

$$W = K_1 / t^{\alpha}, \text{ м/ч} \quad (3.1)$$

где W - скорость впитывания на расчетный момент времени (t , час),

K_1 - коэффициент впитывания, характеризующийся скоростью впитывания в течение первого часа, м/ч (табл.3.1);

α – коэффициент затухания скорости впитывания (табл.3.1).

Таблица 3.1 - Параметры впитывания для различных типов почв

Тип почв (по механическому составу)	K_1 , м/ч	α
Легкие	0,08	0,4
Средние	0,05	0,5
Тяжелые	0,01	0,6

Время работы дождевальной установки определяется по зависимости:

$$t = m / p, \text{ мин} \quad (3.2)$$

где m - поливная норма ($m_{\max}$ - на основе проектного режима орошения- см. табл.2.6), мм;

p - интенсивность дождя (по технической характеристике дождевальной машины), мм/мин.

Условием приемлемости дождевальной машины является:

$$0,85 \cdot W > p \quad (3.3)$$

Пример расчета

Расчет производим на примере дождевальной машины ДКШ-64А («Волжанка») в условиях рассмотренного выше режима орошения: $m=600\text{м}^3/\text{га}=60\text{мм}$ (см. табл. 2.6). По технической характеристике машины находим интенсивность искусственного дождя $p=0,30\text{мм/мин}$.

Продолжительность реализации поливной нормы составит (ф-ла 3.2):

$$t = 60 / 0,3 = 200 \text{ мин} = 3,33 \text{ ч}$$

Скорость впитывания на момент времени $t=3,33 \text{ ч}$ (в условиях почв, средних по механическому составу $K_1=0,05 \text{ м/ч}$, $\alpha=0,5$ – см. табл. 3.1) будет равна (ф-ла 3.1):

$$W = 0,05 / 3,33^{0,5} = 0,0274 \text{ м/ч} = 27,4 \text{ мм/ч} = 0,46 \text{ мм/мин}$$

Проверяем условие (3.3): $0,85 \cdot 0,46 = 0,39 \text{ мм/мин} > p = 0,30 \text{ мм/мин}$.

Условие выполняется, что указывает на приемлемость применения дождевальной машины ДКШ-64А.

3.1.2 Проверка по уклону и рельефу

Анализ сложности рельефа важен для широкозахватных дождевальных машин - на допустимость их искривления по вертикали. Проверка по уклону осуществляется посредством сравнения допустимого уклона дождевального устройства (i_d - по технической характеристике) с уклоном орошаемого участка (i). По всей территории должно выполняться условие:

$$i_d > i$$

При большом разнообразии рельефных условий анализ производится по части массива с наихудшими условиями. Например, для рассматриваемой оросительной системы (рис.3.1) – это поля №5-6 в верхней части участка. В данном случае, кро-

ме расчлененности рельефа, имеют место максимальные уклоны и составляют $i=0,005-0,007$. Допустимый уклон для ДКШ-64А составляет $i_d = 0,02$, что указывает на достаточную приемлемость данной машины по уклону.

3.1.3 Анализ других условий и окончательный выбор дождевальной машины

Ниже приводится пример анализа по выбору дождевальной машины для орошения участка, изображенного на рис.3.1. Рассматриваются несколько типов дождевальных машин, широко применяемых в условиях региона. Результаты анализа основных факторов и условий, влияющих на выбор дождевальной техники, приводятся в табличной форме (табл. 3.2.).

Таблица 3.2 Результаты выбора дождевальной машины

Основные факторы и условия	ДДН-150	ДДН-100	ДДН-70	«Волжанка»	«Ока»	«Фрегат»	ДШ-30
1. Впитывающая способность почвы	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+
2. Рельеф, уклон	+	+	+	+	+	+	+
3. С/х использование	+	+	+	+	+	+	+
4. Конфигурация участка	+	+	+	+	+	+	+
5. Размеры участка и полей	+	+	+	+	+	+/-	+
6. ТЭП и местные условия	+/-	+	+	+	+/-	+/-	+/-

Примечание. «+» - подходит, «-» - не подходит, «+/-» - возможно применение.

Выводы:

1. В данных условиях возможно применение нескольких типов дождевальных машин.
2. Окончательно выбираем дождевальную машину, имеющую наибольшее количество «+» и с учетом основных технико-экономических показателей. Наиболее близко к данным условиям подходит дождевальная машина типа - ДКШ-64 («Волжанка»).

3.2 Плановая компоновка оросительной системы и организация территории

3.2.1 Оросительная сеть

Оросительная сеть при дождевании может быть открытой, закрытой и комбинированной, а также стационарной, полустационарной и передвижной. Открытая сеть проектируется в виде постоянных или временных каналов, закрытая - в виде трубопроводов (стальных, чугунных, железобетонных, асбестоцементных, пластмассовых). Комбинированная сеть сочетает открытые каналы и распределительную трубчатую сеть.

Трубчатая оросительная сеть состоит из следующей системы подземных трубопроводов (см. рис. 3.1 – на примере дождевальных машин типа «ДДН»):

- магистральные трубопроводы (*MT*), соединяющие орошаемый участок с водоисточником (насосной станцией);
- распределительные трубопроводы (*PT*) – подают воду на севооборотные участки и распределяют её между полевыми трубопроводами;

- полевые трубопроводы (*ПТ*) – подают воду на поливные участки, на них устанавливаются гидранты-водовыпуски в открытые оросители или гидранты для подключения дождевальных машин;

- наземные трубопроводы водоводы-питатели (*НТ*) с гидрантами для подключения дождевальных машин – подают воду от гидрантов-водовыпусков стационарной сети к дождевальным машинам. Исполняются в виде передвижных гибких шлангов или сборно-разборных металлических трубопроводов, широко применяются для дождевальных машин типа ДДН (рис. 3.1)

Трубопроводы могут прокладываться как по границам, так и внутри полей. Полевые трубопроводы рекомендуется трассировать прямолинейными и параллельными друг другу.

Основным принципом плановой трассировки напорных оросительных трубопроводов является доставка воды от водоисточника до места полива кратчайшим путем, т.е. не должно быть движения воды в обратном направлении («противоходом»).

Размеры полей должны быть увязаны с требованиями организации территории и параметрами дождевальных машин. Характерные типовые схемы оросительной сети для некоторых типов дождевальных машин и их технические характеристики приводятся в приложении 1.

Пример проектирования оросительной сети в плане

Пример плановой компоновки оросительной системы показан на рис. 3.2. Орошение шестипольного овощекормового севооборота предусматривается дождевальной машиной ДКШ-64А (базовая модель, состоящая из двух «крыльев» длиной $l_k = 400\text{м}$). Минимально потребная (заданная) площадь для проектируемого севооборота составляла 344га .

Расчет плановых размеров и площадей

Требуемая площадь поля нетто: $F_n = 344 / 6 = 57,33\text{га}$.

Принимаем длину поля величиной, кратной равной ширине захвата дождевальной машины (l_m), в данном случае: $l_n = l_m = 2l_k = 2 \cdot 400 = 800\text{м}$. Исходя из площади, находим ширину поля: $b_n = 57,33 \cdot 10^4 / 800 = 716,6\text{м}$ (должна быть кратна расстоянию между гидрантами $l_c = 24\text{м}$).

Определяем количество гидрантов на полевым трубопроводе:

$N_c = 716,6 / 24 = 29,9 \text{ шт.}$ Принимаем $N_c = 30 \text{ шт}$ и уточняем ширину поля:

$$b_n = 24 \cdot 30 = 720 \text{ м.}$$

Характерные площади орошаемого участка:

- поля нетто: $F_n^{nm} = 720 \cdot 800 \cdot 10^{-4} = 57,6 \text{ га};$

- поля брутто: $F_n^{bp} = F_n^{nm} / K_{zu} = 57,6 / 0,97 = 59,6 \text{ га};$

- севооборота нетто: $57,6 \cdot 6 = 345,6 \text{ га};$

- севооборота брутто: $59,6 \cdot 6 = 356,4 \text{ га}.$

Расстояние между полевыми трубопроводами:

$$l_T = l_m + \Delta l = 800 + 20 = 820 \text{ м, где } \Delta l - \text{размер полосы отчуждений (лесополоса + дорога).}$$

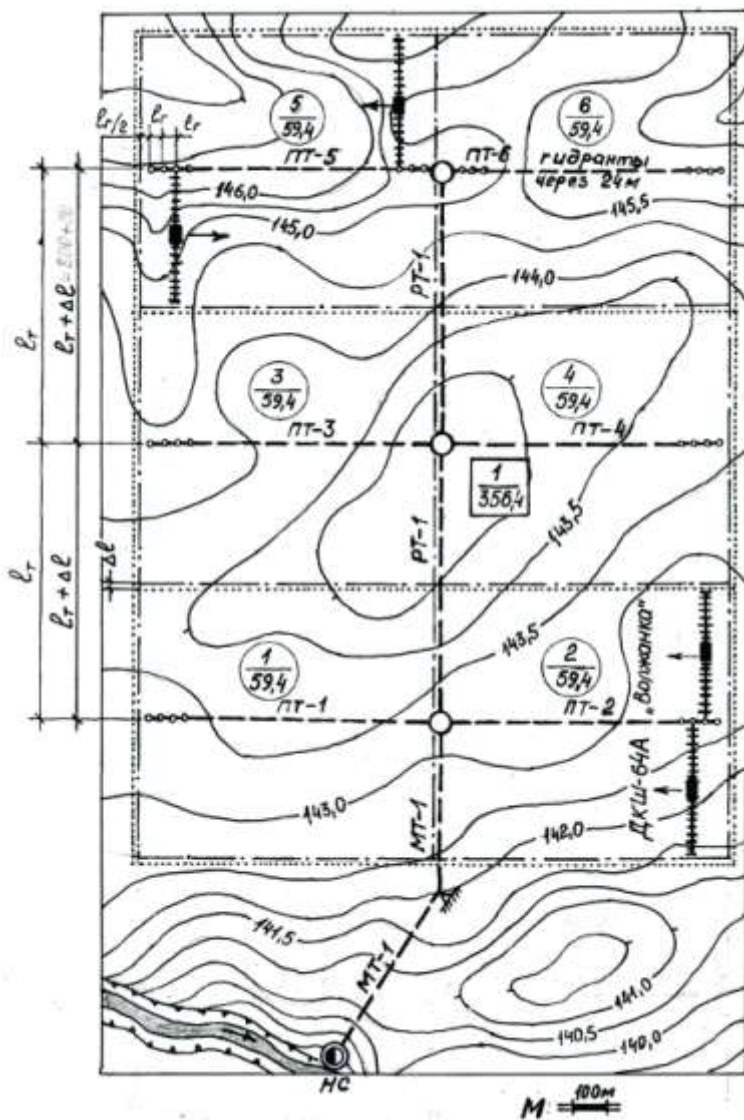


Рис. 3.2 План системы орошения дождеванием ДКШ-64А («Волжанка»)

3.2.2 Сооружения и устройства на оросительной системе

Для осуществления водоподачи на орошение земель предусматривается строительство насосных станций как стационарного типа, так и передвижных. При использовании передвижных насосных станций предусматривается устройство на берегах водоисточника специальных площадок, необходимых для их временной установки.

Для обеспечения нормальной эксплуатации оросительной сети предусматривается строительство ряда сооружений и устройств на закрытых оросительных трубопроводах, а именно:

- гидранты-водовыпуски, необходимые для подключения дождевальных машин (наземных водоводов-питателей);
- гидранты-опорожнители, предназначенные для откачки воды из трубопроводов в случаях необходимости их опорожнения (в конце поливного периода или в аварийных ситуациях);
- распределительные колодцы с задвижками, необходимые для осуществления переключений на трубопроводах или их отдельных участках.

В качестве мер защиты трубопроводов от повреждений при гидравлических ударах предусматривается установка предохранительно-сбросных устройств типа КЗГ – на тупиках оросительной сети.

В переломных (выпуклых) точках трубопроводов и верхних тупиковых точках проектируются вантузы, предназначенные для выпуска скапливающегося в трубопроводах воздуха.

3.3 Определение количества дождевальных машин

3.3.1 Расчетные формулы

Установление потребного количества одновременно работающих машин, как на отдельных полях, так и на всем севооборотном участке, необходимо для определения расчетных расходов воды в трубопроводной оросительной сети.

Определение количества дождевальных машин в пределах поля рассмотрено в п. 2.2.

Потребное количество дождевальных машин для орошения севооборотного участка рекомендуется определять исходя из двух условий:

а) из условия максимальной водоподачи на орошение:

$$N = Q_{\max} / Q, \text{ шт} \quad (3.4)$$

где $Q_{\max}$ – максимальная ордината укомплектованного графика поливов, л/с;

Q - расход дождевальной машины, л/с.

б) на основе сезонной производительности дождевальной машины:

$$N = F_{c/o} / F_{\text{СЕЗ}}, \text{ шт} \quad (3.5)$$

где $F_{c/o}$ - площадь севооборота нетто, га;

$F_{\text{СЕЗ}}$ – сезонная производительность дождевальной машины, определяемая по формуле:

$$F_{CEЗ} = \frac{86,4Q \cdot T \cdot K_{cym} \cdot K_{CEЗ}}{M_{cp} / K_B}, \text{ га} \quad (3.6)$$

T – продолжительность оросительного сезона, *сут*; (по графику поливов);

K_{cym} – коэффициент использования рабочего времени дождевальнoй машины в течение суток (см. ф-лу 2.13);

$K_{CEЗ} = T_{pab} / T$ – коэффициент использования рабочего времени машины в течение оросительного сезона;

T_{pab} - количество рабочих дней машины за оросительный сезон (по графику поливов);

$K_B = 0,8 \dots 0,9$ – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение при дождевании;

M_{cp} – средневзвешенная оросительная норма нетто, определяемая по формуле:

$$M_{cp} = \alpha_1 \cdot M_1 + \alpha_2 \cdot M_2 + \dots + \alpha_n \cdot M_n, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3.7)$$

где $M_1, M_2 \dots M_n$ – оросительные нормы с/х культур севооборота, $\text{м}^3/\text{га}$;

$\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ – доли соответствующих культур в составе севооборота.

3.3.2 Пример расчета количества дождевальных машин

Расчет производим на примере рассмотренной выше оросительной системы площадью нетто $F_{c/o} = 345,6 \text{ га}$ (см. рис.3.1, п.3.2, и п.2.2).

Вначале устанавливаем исходные расчетные показатели:

- принимаем $K_B = 0,90$; $K_{cym} = 0,55$ (по ф-ле 2.13);

- $K_{CEЗ} = T_{pab} / T = 93 / 110 = 0,84$ (где $T_{pab} = 93 \text{ сут}$, $T = 110 \text{ сут}$ – см. рис. 2.4б);

- расход дождевальной машины ДКШ-64А - $Q = 83 \text{ л/с}$;

- средневзвешенная оросительная норма нетто по ф-ле-3.7 (см. табл.2.6):

$$M_{cp} = 0,33 \cdot 2400 + 0,17 \cdot (1700 + 2000 + 2100 + 2300) = 2169 \text{ м}^3/\text{га}$$

- сезонная производительность дождевальной машины (ф-ла 3.6):

$$F_{CEЗ} = \frac{86,4 \cdot 83 \cdot 110 \cdot 0,55 \cdot 0,84}{2169/0,9} = 151,2 \text{ га}$$

Потребное количество дождевальных машин для орошения севооборотного участка будет равно:

а) из условия максимальной водоподачи на орошение (см. рис.2.4 б)

$$N = 332 / 83 = 4 \text{ шт}$$

б) на основе сезонной производительности

$$N = 345,6 / 151,2 = 2,28 \text{ (шт)}$$

Окончательно принимаем количество одновременно работающих дождевальных машин:

- на севооборотном орошаемом участке - $N = 4 \text{ шт}$;
- на поле - $N = 2 \text{ шт}$ (с.м. табл.3.1).

3.4 Гидравлический расчет трубопроводов и определение параметров насосной станции

3.4.1 *Определение расчетных расходов трубопроводной сети*

Для выполнения расчёта составляется расчётная схема (рис.3.3), где отражается самая неблагоприятная схема расстановки одновременно работающих дождевальных машин как на всём участке, так и на отдельных полях. Как правило, в этом случае рассматриваются дождевальные машины, работающие на максимальном удалении от насосной станции или в самых высоких точках.

$$Q_p = \frac{N \cdot Q}{\eta}, \text{ л/с} \quad (3.8)$$

где N – число одновременно работающих дождевальных машин на расчетном участке трубопровода, шт;

Q – расход одной машины, л/с;

η – коэффициент полезного действия трубопровода (для трубчатой сети – 0,97-0,98).

3.4.2 Гидравлический расчёт трубопроводов

Гидравлический расчёт трубопроводов сводится к определению диаметров труб и потерь напора в трубопроводной сети.

Требуемые диаметры труб определяются по формуле:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q_p}{V}}, \text{ м} \quad (3.9)$$

где V – оптимальная скорость движения воды в трубопроводе, м/с (для металлических труб – $V = 1,5 \dots 3,0$ м/с).

Потери напора по длине трубопровода вычисляются по формуле:

$$h_l = \lambda \cdot \frac{\ell \cdot V^2}{d \cdot 2g}, \text{ м} \quad (3.10)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения ($\lambda = 0,025$ – для металлических труб);

ℓ – длина трубопровода, м.

Местные потери напора принимаются равными 10% от потерь напора по длине, т. е.: $h_M = 0,1h_l$, м.

Общие потери напора будут составлять:

$$h = h_l + 0,1h_l, \text{ м} \quad (3.11)$$

3.4.3 Определение параметров насосной станции

Расчётный расход водоподачи определяется по формуле:

$$Q_{nc} = \frac{N_m \cdot Q}{\eta}, \text{ л/с} \quad (3.12)$$

где N - число одновременно работающих дождевальных машин на всем орошаемом участке трубопровода, шт;

Q - расход дождевальной машины, л/с;

η - коэффициент полезного действия трубопроводной сети.

Расчетный напор насосной станции:

$$H_p = H_{\Gamma} + H_{св} + \sum h_i, \text{ м} \quad (3.13)$$

где $H_{св}$ – свободный напор на гидранте, достаточный для нормальной работы дождевальной машины (устанавливается по технической характеристике машины), м;

$\sum h_i$ - суммарные потери напора от насосной станции до диктующей точки (наиболее удаленной или самой высокой), м;

H_{Γ} - геодезическая высота подъема воды, определяемая по формуле:

$$H_{\Gamma} = H_{\text{д}} - H_{\text{ув}}, \text{ м} \quad (3.14)$$

где $H_{\text{д}}$ – высотная отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

$H_{\text{ув}}$ – высотная отметка уровня воды водоисточника, м.

3.4.4 Пример расчета оросительных трубопроводов и параметров насосной станции

Для проектируемых элементов оросительной системы, изображенной на рис. 3.1, гидравлический расчёт трубопроводов производим по диктующей линии водоподачи – от насосной станции до диктующей точки, а именно: магистрального (МТ-1), распределительного (РТ-1) и полевого трубопровода (ПТ-5). Для остальных полевых трубопроводов (ПТ-1...ПТ-4, ПТ-6) расчетные данные будут соответствовать параметрам трубопровода ПТ-5.

Расчетная схема приводится на рис. 3.3, где расчетные участки трубопроводов обозначены характерными точками по расчетной линии: 0-1-2-3-4-5. Проектный материал труб – стальные.

Полевой трубопровод ПТ-5

а) участок 3-4 ($l_{3-4}=360\text{м}$)

Расход воды полевого трубопровода рассчитываем по формуле (3.8):

$$Q_{3-4} = \frac{1 \cdot 83}{0,97} = 85,7 \text{ л/с} = 0,0857 \text{ м}^3/\text{с}$$

где к.п.д. трубопровода принят $\eta = 0,97$.

Принимаем скорость движения воды $V = 2,5$ м/с, тогда диаметр трубопровода будет равен (ф-ла 3.9):

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{0,0857}{2,5}} = 0,209 \text{ м}$$

Принимаем диаметр трубопровода - ближайший по ГОСТу к полученному значению: $d = 250$ мм, тогда скорость движения воды в нём будет равна (из ф-лы 3.9):

$$v = \frac{1,27 \cdot Q}{d^2} = \frac{1,27 \cdot 0,0857}{0,25^2} = 1,74 \text{ м/с},$$

Потери напора по длине трубопровода определяем по формуле (3.10):

$$h_{3-4} = 0,025 \cdot \frac{360 \cdot 1,74^2}{0,25 \cdot 2 \cdot 9,81} = 5,56 \text{ м}$$

где коэффициент гидравлического трения для стальных труб принят $\lambda = 0,025$.

б) участок 2-3 ($l_{2-3} = 360$ м)

Этот участок трубопровода должен пропускать расход двух дождевальных машин:

$$Q_{2-3} = \frac{2 \cdot 83}{0,97} = 171 \text{ л/с} \quad \text{и} \quad \text{иметь диаметр: } d = 1,13$$

$$\sqrt{\frac{0,171}{2,5}} = 0,296 \text{ м}$$

Принимаем диаметр трубопровода $d = 300 \text{ мм}$ и уточняем скорость движения воды в нём:

$$v = \frac{1,27 \cdot 0,171}{0,30^2} = 2,41 \text{ м/с}$$

Потери напора по длине будут равны: $h_{2-3} = 0,025 \cdot$

$$\frac{360 \cdot 2,41^2}{0,30 \cdot 2 \cdot 9,81} = 8,88 \text{ м}$$

Распределительный и магистральный трубопроводы (участок 0-1-2)

Расходы воды, согласно расчетной схеме (рис.3.3), в магистральном (МТ-1) и распределительном (РТ-1) трубопроводах будут одинаковы и составляют расход четырех машин:

$$Q_{0-1-2} = \frac{4 \cdot 83}{0,97} = 342 \text{ л/с}$$

Принимаем $v = 1,5 \text{ м/с}$, тогда диаметр трубопровода будет равен:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{0,342}{1,5}} = 0,539 \text{ м}$$

Принимаем диаметр трубопровода $d = 500$ мм, тогда скорость движения воды в нём будет равна:

$$v = \frac{1,27 \cdot Q}{d^2} = \frac{1,27 \cdot 0,342}{0,5^2} = 1,74 \text{ м/с}$$

Потери напора по длине трубопроводов будут равны:

$$h_{0-1-2} = 0,025 \cdot \frac{2740 \cdot 1,74^2}{0,50 \cdot 2 \cdot 9,81} = 21,14 \text{ м}$$

где общая длина трубопроводов составила:

$$l_{0-1-2} = 1100 + 820 + 820 = 2740 \text{ м}$$

Расчетные параметры насосной станции

Расчётный расход водоподачи (ф-ла 3.12):

$$Q_{nc} = Q_{0-1-2} = \frac{4 \cdot 83}{0,97} = 342 \text{ л/с}$$

Расчетный напор насосной станции (ф-ла 3.13):

$$H_p = 10,90 + 40,00 + 39,14 = 90,04(90) \text{ м}$$

где: - свободный напор на гидранте $H_{ce} = 0,40 \text{ МПа} = 40 \text{ м}$ – (см. техн. х-ку ДКШ-64А);

- суммарные потери напора (ф-ла 3.11) в расчетной линии 0-1-2-3-4 трубопроводов *MT-1*, *PT-1*, *ПТ-5*, полученные посредством вышеизложенного гидравлического расчета:

$$\sum h_i = 5,56 + 8,88 + 21,14 + 0,1(5,56 + 8,88 + 21,14) = 39,14 \text{ м}$$

- геодезическая высота подъема воды от водоисточника до расчетной точки 4 (по ф-ле 3.14): $H_I = H_D - H_{УВ} = 146,4 - 135,5 = 10,9\text{м}$ (где высотные отметки: $H_D = 146,4\text{м}$, $H_{УВ} = 135,5\text{м}$ – см.рис.3.3).

Для варианта с передвижной насосной станцией, по каталожным данным выбираем марку передвижной насосной станции по параметрам:

$$H_p = 90\text{м}, \quad Q_{nc} = 342\text{л/с}.$$

Наиболее близко к данным условиям подходит передвижная насосная станция СНП-100/100 (в кол-ве 3шт при параллельном подключении), основные технические характеристики которой приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Техническая характеристика насосной станции

Марка	Расход воды, л/с	Напор, м	Высота всасывания, м	Мощность, квт	Двигатель
СНПЭ-100/100	90 ... 135	98...85	3,0	160	Электропривод А03-315-443

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

4.1 Закрытый трубчатый дренаж

4.1.1 Диаметры дренажных труб

При проектировании осушительной сети в обычных условиях диаметры дренажных труб назначаются конструктивно, исходя из минимальных значений ст стандартов серийно выпускаемых труб: 50мм – для гончарных труб, 63мм – для пластмассовых. При наличии особых условий строительства (интенсивное поступление грунтовых вод, осушение замкнутых понижений, просадочные или плавунные грунты, высокая вероятность интенсивного заиления и пр.) диаметр дренажных труб увеличивается и проектируется обычно в пределах 75-100 мм.

В таблице 4.1 приводятся параметры некоторых типов дренажных труб, широко используемых в практике мелиорации.

Таблица 4.1 - Основные проектные показатели дренажных труб

№ п/ п	Наименование труб	Материал	Диаметры, мм		Макси- мальная глубина укладки, м	Приме- чание
			в обычных условиях строитель- ства	в особых условиях строитель- ства		
1	Гончарные (керамические)	глина обожженная	50/72	75/91; 100/130	4,0	В зна- менат. $d_{наружн.}$
2	Пластмассовые гофрированные	полиэтилен, поливинил- хлорид	50; 63	63; 75	2,0	Тип I
3	Пластмассовые спиральнолитые	поливинил- хлорид	50; 63	63; 75; 90	1,8	—

4.1.2 Определение глубины дрен

Расчетная глубина укладки закрытого дренажа определяется по формуле (рис. 4.1):

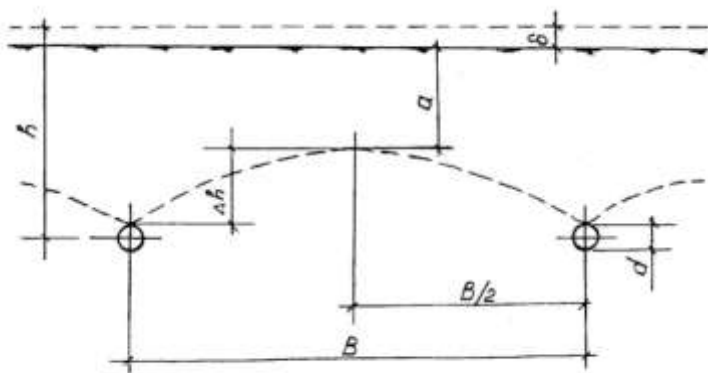


Рис. 4.1 Схема к определению глубины укладки дрен

$$h = a + \Delta h + d/2 + \delta, \text{ м} \quad (4.1)$$

где a – расчетная норма осушения (конец вегетации, наиболее требовательная с/х культура севооборота - см. табл. 2.4), м;

Δh – падение депрессионной кривой от середины междуренья до дрены, м. Величина (Δh) устанавливается ориентировочно на основе практических рекомендаций (см. прилож. 2.2 и 2.3);

d – диаметр дренажных труб (табл. 4.1), м;

δ – величина осадки почвогрунта вследствие осушения, м.

Для минеральных почвогрунтов ее величиной можно пренебречь ($\delta \approx 0$), а для торфяников рекомендуется определять из расчета 10 – 15% от наддренной толщи торфа:

$$\delta = (0,10 \dots 0,15) \cdot (a + \Delta h + d/2), \text{ м} \quad (4.2)$$

Пример расчета

Исходные данные: почвогрунты - супесь, торфяник; дренаж гончарный $d=50\text{мм}$; с/х использование земель – овощекормовой севооборот (с/х культуры: многолетние травы, корнеплоды, овощи).

По формуле (4.1) для супесчаных почвогрунтов получаем расчетную глубину дренажа:

$$h = 0,90 + 0,35 + 0,072/2 + 0,00 = 1,286\text{м} \text{ (принимаем } 1,30\text{м)}$$

где $a=90\text{см}$ (корнеплоды, овощи - конец вегетации, см. табл. 2.4);

$\Delta h = 0,30\text{ м}$ -- для супесчаных грунтов (прилож.);

$d = 72\text{ мм}$ – наружный диаметр дренажной трубы (табл.4. 1);

$\delta = 0$ – для минеральных почвогрунтов.

По формулам (4.1 и 4.2) аналогично находим глубину дрен в торфяных почвогрунтах:

$$h = 1,00 + 0,25 + 0,072/2 + 0,161 = 1,447\text{ м (принимаем } 1,45\text{ м)}$$

где величина осадки поверхности: $\delta = 0,125 \cdot (1,00 + 0,25 + 0,0722) = 0,161\text{ м}$

4.1.3 Проектирование уклона

Проектный уклон дрен ($I_{др}$) рекомендуется назначать равным уклону поверхности земли дренажной трассы (I_3). В случаях, когда уклон поверхности земли незначительный (рис.4.2), уклон дрены проектируется по условию: $I_{др} = I_{min}$, где $I_{min} = 0,003$ – минимальный допустимый (нормативный) уклон [13]. Глубина дрены будет увеличиваться к устью (рис.4.2), и проектирование уклона должно производиться во взаимоувязке с другими параметрами дренажа (глубина укладки, длина) и глубиной принимающего коллектора.

Уклон закрытого дренажа устанавливается по месту строительства в зависимости от рельефа по трассе дрены, длины трассы и глубины коллектора в местах врезки дрен, а в проектах

даются рекомендации по установлению уклона в конкретных условиях строительства.

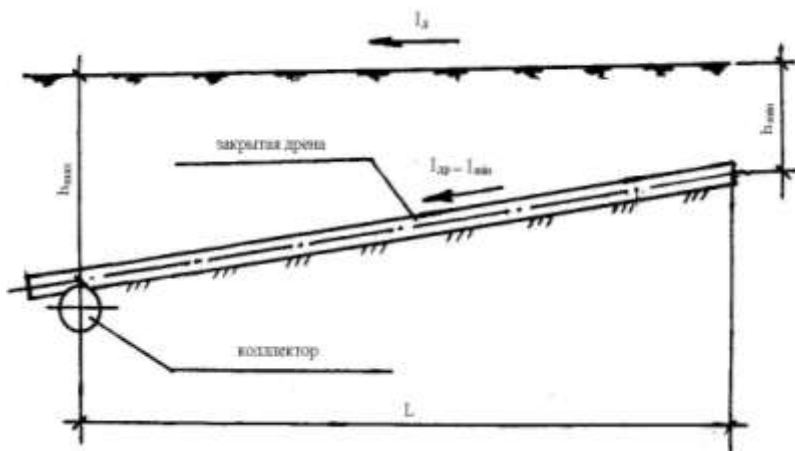


Рис. 4.2 Проектирование уклона дренажа на слабоуклонных и безуклонных участках

Для условий, изображенных на рис. 4.2, уклон дрены определяется по формуле:

$$I_{др} = \frac{h_{max} - h_{min} + I_з \cdot L}{L} \quad (4.3)$$

Пример расчета

Исходные данные: уклон поверхности земли $I_з=0,0012$, проектная длина дрены $L=160\text{м}$, исходя из глубины коллектора - глубина дрены в устье $h_{max}= 1,75\text{м}$.

Принимаем минимальную нормативную глубину закрытого дренажа $h_{\min}=0,70\text{м}$ (для минеральных почвогрунтов). По формуле (4.3) получаем уклон дренажного трубопровода:

$$I_{op} = \frac{1,75 - 0,70 + 0,0012 \cdot 160}{160} = 0,00776(0,008)$$

4.1.4 Определение длины дрен

При разработке плана мелиоративной системы длина дрен проектируется на основе нормативов и практических рекомендаций плановой компоновки (см. п. 5.2.2). В отдельных случаях может возникать необходимость оценки максимально предельной величины длины дрены ($L=l$). В этом случае максимальная длина дрены определяется посредством гидравлического расчета на основе формулы расчетного расхода:

$$l = \frac{Q}{q \cdot B \cdot 10^{-4}} , \text{м} \quad (4.4)$$

где: q - расчетный модуль дренажного стока (максимальный), л/с·га;

B – расстояние между дренами, м;

Q – пропускная способность трубы, определяемая на основе формулы Шези:

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot I} \cdot 10^3 , \text{л/с} \quad (4.5)$$

где: I – проектный уклон дрены;

ω - площадь живого сечения дренажной трубы:
 $\omega = 0,785 \cdot d^2, \text{ м}^2$;

R - гидравлический радиус: $R = 0,25 \cdot d, \text{ м}$;

C - скоростной коэффициент Шези: $C = n^{-1} \cdot R^{1/6}, \text{ м}^{0,5}/\text{с}$;

d – диаметр дренажной трубы, м;

n – коэффициент шероховатости дренажных труб (см. прилож. 4.1).

Пример расчета

Исходные данные: дренаж пластмассовый $d=63\text{мм}$, уклон $I=0,008$, междреннее расстояние $B=35\text{м}$, расчетный модуль дренажного стока (максимальный весеннего периода – см. п.4.1.5)- $q=0,0089\text{м}^3/\text{сут} \cdot 116=1,03 \text{ л/с} \cdot \text{га}$.

На основе расчетных формул (4.4 и 4.5) получаем максимальную длину дрены:

$$l = \frac{1,17}{1,03 \cdot 35 \cdot 10^{-4}} = 324,5 \text{ м} (320 \text{ м})$$

где $Q = 0,0031 \cdot 33,4 \sqrt{0,016 \cdot 0,008} \cdot 10^3 = 1,17 \text{ л/с}$;

$$R = 0,25 \cdot 0,063 = 0,016 \text{ м}; \quad \omega = 0,785 \cdot 0,063^2 = 0,0031 \text{ м}^2;$$

$$C = \frac{1}{0,015} \cdot 0,016^{1/6} = 33,4 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

4.1.5 Расчет расстояния между дренами

Общие положения

Расчетными периодами являются:

- а) основной – весенний (период от конца снеготаяния до начала весенних полевых работ);
- б) поверочный – летне-осенний (период выпадения летне-осенних затяжных дождей).

Процент обеспеченности расчетного года для гидрометеорологических характеристик, используемых в расчетах, принимается на основе действующих нормативов (см. табл. 6.1) в зависимости от с/х использования осушаемых земель (например, при проектировании закрытого дренажа и использовании земель под пашню и пастбища – 10%).

Для выполнения расчета составляется расчетная фильтрационная схема (рис. 4.3). Цифровые показатели схемы получают на основе данных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических изысканий.

Расчетные формулы

Расстояния между дренами при грунтовом и грунтово-атмосферном типах водного питания рекомендуется определять из условия обеспечения требуемого снижения УГВ по формулам стационарной (установившейся) фильтрации [14, прилож. 21]:

а) для случая близкого залегания водоупора ($m_{np} \leq B/4$) и расположении дренажа на водоупоре ($m=0$):

$$B = 4 \cdot \left(\sqrt{L_f^2 + \frac{H \cdot T}{2q}} - L_f \right), \text{ м} \quad (4.6)$$

б) для случая глубокого залегания водоупора ($m_{np} > B/4$):

$$B = \frac{2\pi \cdot K \cdot H}{q \cdot \left[\ln\left(\frac{2B}{\pi \cdot d}\right) + L_i \right]}, \text{ м} \quad (4.7)$$

В этих формулах:

а) для однородной (однослойной) среды (см. рис.4.3):

$$m_{np} = m, \text{ м};$$

$$m = h_1 - h, \text{ м} \quad (4.8)$$

$$L_f = \frac{m}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot m}{\pi \cdot d}\right) + \frac{2h_0}{m} \cdot \ln\left(\frac{4h_0}{\pi \cdot d}\right) + \left(1 + \frac{2 \cdot h_0}{m}\right) \cdot L_i \right], \text{ м} \quad (4.9)$$

$$T = \kappa \cdot (m + h_0), \text{ м}^2/\text{сут} \quad (4.10)$$

$$H = h - 0,6 \cdot a, \text{ м} \quad (4.11)$$

$$h_0 = 0,5 \cdot H, \text{ м} \quad (4.12)$$

$$q = \frac{h_p + \mu \cdot a + (p - e) \cdot t}{t}, \text{ м/сут} \quad (4.13)$$

Коэффициенты водоотдачи:

- для минеральных почвогрунтов (формула Эркина Г.Д.):

$$\mu = 0,056 K^{1/2} \cdot (h - H)^{1/3} \quad (4.14)$$

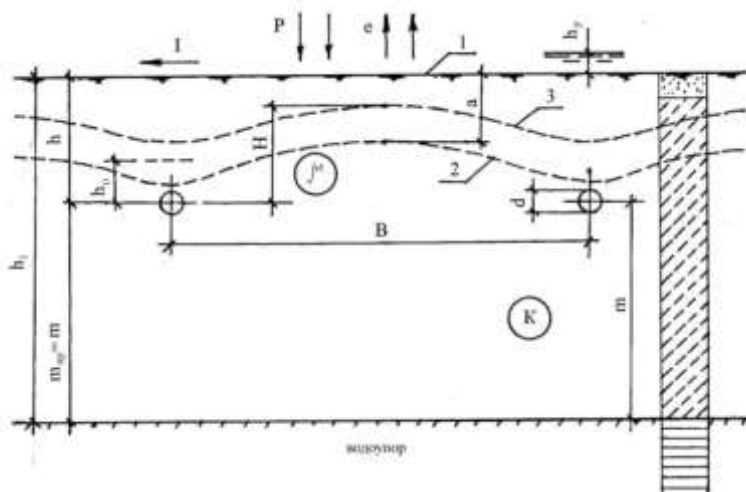


Рис. 4.3 Схема к расчету междренного расстояния
в однородной (однослойной) среде

- 1 - поверхность земли (исходное положение УГВ);
- 2 - положение УГВ к концу расчетного периода;
- 3 - среднее расчетное (промежуточное) положение
депрессионной кривой

- для торфяных почвогрунтов (формула Ивицкого А.И.):

$$\mu = 0,116 \cdot K^{3/8} \cdot (h - H)^{3/4} \quad (4.15)$$

Во всех вышеприведенных формулах:

m – расстояние от оси дрены до водоупора, м;

H – расчетный напор над дренажом, м;

h – расчетная глубина укладки дрен, м;

d – наружный диаметр дренажных труб, м;

K – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

T – водопроницаемость пластов, м²/сут;

q – расчетная интенсивность отвода воды дренажом (модуль дренажного стока), м/сут;

h_1 – мощность водоносного пласта, м;

a – норма осушения (на конец расчетного периода), м;

h_p – слой поверхностной воды, отводимой дренажом, м;

σ – коэффициент поверхностного стока ($\sigma = 0,3 \dots 0,6$ – для мерзлых грунтов в весенний период при $I < 0,01$);

I – уклон поверхности земли;

p, e – суточная интенсивность соответственно атм. осадков и испаряемости в расчетный период для года расчетной обеспеченности, м/сут;

t – продолжительность расчетного периода (для весеннего периода – это время от конца снеготаяния до начала весенних полевых работ, $t = 10-15$ сут – для центральных районов европейской части РФ), сут;

L_f – общие фильтрационные сопротивления, м;

L_i – коэффициент фильтрационных сопротивлений в зависимости от характера вскрытия пласта и конструкции дренажа. В расчетах его можно принимать [14, прилож. 21]: $L_i=1,0$ – для гончарного дренажа со сплошным укрытием защитным фильтрующим материалом, $L_i=0,5$ – для гофрированных пластмассовых труб с оберткой рулонным ЗФМ.

Пример расчета междреннего расстояния

Исходные данные:

1. Местоположение объекта мелиорации – Брянская область.
2. С/х использование земель – пашия (овощной севооборот).
3. Гидрометеорологические характеристики по расчетному весеннему периоду для года 10% обеспеченности:
 $H_p=140\text{мм}$, $p=2,6\text{мм/сут}$, $e=0,7\text{мм/сут}$.

4. Данные по объекту осушения и дренажу:

- состояние поверхности объекта: $I=0,003$, $\sigma=0,5$;

- дренаж: трубы гончарные $d_y=50\text{мм}$ ($d=d_n=72\text{мм}$),
 $h=1,3\text{м}$ (в минеральных почвогрунтах), фильтрационная защита – сплошное укрытие рулонными ЗФМ ($L_i=1,0$).

5. Режим осушения: $t=12\text{сут}$, $a=0,5\text{м}$ – для минеральных почвогрунтов в весенний предпосевной период.

6. Гидрогеологические показатели для фильтрационной схемы (рис.4.3): водоносный пласт – супесь, $h_1=15\text{м}$,
 $K=0,55\text{м/сут}$.

Расчет

По формулам (4.8 ... 4.14) находим соответствующие расчетные показатели:

$$m=15,0 - 1,3=13,7\text{ м}$$

$$H=1,3 - 0,6 \cdot 0,5=1,0\text{ м}$$

$$h_0=0,5 \cdot 1,0=0,5\text{ м}$$

$$T=0,55(13,7+0,5)=7,81\text{ м}^2/\text{сут}$$

$$L_f = \frac{13,7}{3,14} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot 13,7}{3,14 \cdot 0,072}\right) + \frac{2 \cdot 0,5}{13,7} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 0,072}\right) + \left(1 + \frac{2 \cdot 0,5}{13,7}\right) \cdot 1,0 \right] = 26,3\text{ м}$$

$$\mu = 0,056 \cdot 0,55^{1/2} \cdot (1,3 - 1,0)^{1/3} = 0,028$$

$$h_p = 0,14 \cdot (1 - 0,5) = 0,07 \text{ м}$$

$$q = \frac{0,070 + 0,028 \cdot 0,5 + (0,0026 - 0,0007) \cdot 12}{12} = 0,0089 \text{ м/сут}$$

По формуле (4.6) получаем расстояние между дренами:

$$B=4\left(\sqrt{26,3^2 + \frac{1,0 \cdot 7,81}{2 \cdot 0,0089}} - 26,3\right) = 29,3\text{ м}$$

Проверяем правильность использования формулы (4.6),

для чего определяем $\frac{B}{4}$:

$$\frac{29,3}{4} = 7,32\text{ м} < m = 13,7\text{ м} \quad (\text{т.е. } m > \frac{B}{4}), \text{ следовательно,}$$

формула (4.6) является неприемлемой - имеет место случай глубокого залегания водоупора.

Переходим к расчету по формуле (5.7) - для случая глубокого залегания водоупора:

$$B = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 1,0}{0,0089 \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot B}{3,14 \cdot 0,072} \right) + 1,0 \right]}$$

Производя соответствующие упрощения, получаем уравнение:

$$B = \frac{388,09}{\ln(8,85 \cdot B) + 1,0}$$

Решая уравнение подбором, получаем: $B=54м$ и проверяем применимость формулы (5.7):

$$\frac{54}{4} = 13,5м < m = 13,7м \quad (\text{условие } m > \frac{B}{4} \text{ выполняется}),$$

следовательно, имеет место случай глубокого залегания водоупора, т.е. формула (5.6) является приемлемой для расчета.

Выводы:

1. Полученное расчетом значение (B) значительно отличается (в большую сторону) от практических рекомендаций (см. прилож. 2.1).

2. Снижаем результат до уровня практических рекомендаций (в запас расчету). Принятое к проектированию расстояние между дренами составит $B=35м$.

4.2 Открытые осушители

4.2.1 Установление основных параметров

Открытые осушители относятся к категории гидравлически нерассчитываемых каналов из-за небольших водосборных площадей ($<500 \text{ га}$), поэтому многие их параметры (см. рис. 4.4) назначаются конструктивно с учётом действующих нормативов.

Ширина каналов по дну принимается минимальной $b = 0,4-0,5 \text{ м}$ - из условия механизации строительных работ.

Коэффициенты заложения откосов (m_k) назначаются по нормативам (см. табл. 4.2) в зависимости от расчётной глубины канала (H) и характера почвогрунтов.

Минимальный уклон дна каналов принимается из расчета -- не менее 0,0005.

Максимальная длина регулирующих каналов принимается 700-800 м – при уклонах менее 0,005, а при уклонах более 0,005 – 1200 -1500 м.

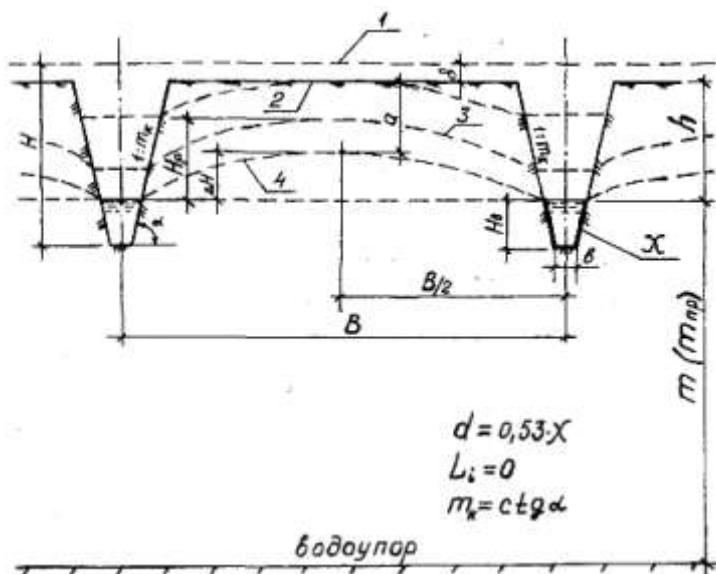


Рис. 4.4 Схема к установлению основных параметров открытых осушителей:

- 1 – поверхность земли до мелиорации;
- 2 – поверхность земли до осушения (исходное положение УГВ);
- 3 – промежуточное (расчетное) положение депрессионной кривой;
- 4 - положение депрессионной кривой к концу расчетного периода

Таблица 4.2 Коэффициенты заложения откосов каналов в земляном русле, закреплённых засевом трав или одерновкой

Грунты	Коэффициент заложения откосов при соответствующих глубинах каналов		
	до 1,5 м	1,5...2,0 м	более 2,0 м
1. Торф всех видов со степенью разложения до 50%	1,0	1,5	2,0 (до глубины 3,0м)
2. Суглинок лёгкий, супесь, песок, торф всех видов со степенью разложения 50...70%	1,5	2,0	2,5 (до глубины 2,5м)
3. Песок мелкозернистый, торф всех видов со степенью разложения 70%	2,0	2,5	2,5 (до глубины 2,5м)

4.2.2 Определение глубины осушителей

Глубину открытых осушителей рекомендуется определять по формуле (см. рис. 4.4):

$$H = a + \Delta H + H_B + \delta, м \quad (4.16)$$

где a – расчётная норма осушения к концу вегетации (по наиболее требовательным к режиму осушения с/х культурам, (табл. 2.4), м;

ΔH – падение депрессионной кривой от середины междренья до дрены (прилож. 2.1), м;

$H_e = 0,3-0,5 м$ – расчётная глубина воды в канале (при пропуске бытовых расходов), м;

δ - величина осадки почвогрунта вследствие осушения, её величина для минеральных почвогрунтов может быть принята $\delta \approx 0$, а для торфяных почвогрунтов определяется по формуле (ориентировочно):

$$\delta = 0,1 \cdot (a + \Delta H), м \quad (4.17)$$

Пример расчета

Исходные данные: почвогрунты - супесь, торфяник; с/х использование земель – сенокосы.

Принимаем расчетную глубину воды для бытового периода $H_e=0,40 м$.

По формуле (4.16) для супесчаных почвогрунтов получаем расчетную глубину каналов:

$$H = 0,70 + 0,80 + 0,40 + 0,00 = 1,90 \text{ м}$$

где a - норма осушения на конец вегетации, $a=70 \text{ см}$ (по травам, табл. 2.10); ΔH - падение депрессионной кривой, $\Delta H = 0,80 \text{ м}$ (см. прилож. 2.1);

$\delta \approx 0$ – (величиной осадки для минеральных почвогрунтов пренебрегаем).

По формулам (4.16 и 4.17) аналогично находим глубину открытых осушителей в торфяных почвогрунтах:

$$H = 0,70 + 0,80 + 0,40 + 0,15 = 2,05 \text{ м}$$

где величина осадки поверхности: $\delta = 0,10 \cdot (0,70 + 0,80) = 0,15 \text{ м}$

4.2.3 Определение расстояний между открытыми осушителями

Расстояния между каналами регулирующей осушительной сети могут устанавливаться как расчётным путём, так и на основе практических рекомендаций (см. прилож.).

Расчет расстояний между открытыми осушителями в условиях грунтового и атмосферно-грунтового питания производится по методикам и формулам, рекомендуемым для расчёта закрытого дренажа (см. п. 4.1.5), где расчетных формулах следует принимать:

$d = 0,53 \chi$, $L_i = 0$, а величины H_p , h , m необходимо отсчитывать от уровня воды в канале (см. рис. 4.4), где смоченный периметр (χ) будет равен:

$$\chi = e + \frac{2 \cdot H_e}{\sin \alpha} = e + 2 \cdot H_e \sqrt{1 + m_k^2}, \text{ м} \quad (4.18)$$

где m_k – коэффициент заложения откосов канала (см. прилож.).

Величину расчётного напора рекомендуется определять по формуле:

$$H_p = h - 0,6 \cdot a, \text{ м} , \quad (4.19)$$

где величина $h = H - H_e$, м (см. рис. 4.5).

Расчётная глубина воды в осушителе для расчётного весеннего периода определяется по формуле:

$$H_e = H'_e + (a_k - a_e), \text{ м} \quad (4.20)$$

где H'_e - расчётная глубина воды для бытового периода (см. п. 4.2.2);

a_k , a_e – нормы осушения соответственно к концу вегетации и на расчётный весенний период (табл. 2.10).

Пример расчёта расстояния между открытыми осушителями

Исходные данные:

1. Местоположение объекта мелиорации – Брянская область.
2. С/х использование земель – сенокосы (обеспеченность расчётного года 20% -- см. табл.6.1) .

3. Гидрометеорологические характеристики по расчетному весеннему периоду для года 20% обеспеченности: $h_p=110\text{мм}$, $p=2,0\text{мм/сут}$, $e=1,0\text{мм/сут}$.

4. Данные по объекту осушения и осушителям:

- состояние поверхности объекта: $I=0,003$, $\sigma=0,5$;

- осушители: $H=1,90\text{м}$, $в=0,5\text{м}$, $m_k=2,0$; $H'_e=0,4\text{м}$.

5. Режим осушения: $t=15\text{сут}$, $a_e=0,50\text{м}$ $a_k=0,70\text{м}$.

6. Гидрогеологические показатели для фильтрационной схемы (рис.4.5): водоносный пласт – супесь: $h_c=10\text{м}$, $K=0,85\text{м/сут}$.

Расчет

Расчетная глубина воды в канале (ф-ла 4.20):

$$H_e = H'_e + (a_k - a_e) = 0,40 + (0,70 - 0,50) = 0,60 \text{ м},$$

и соответственно (см. рис. 4.5): - величина (h) будет равна:

$$h = H - H_e = 1,90 - 0,60 = 1,30 \text{ м}.$$

- смоченный периметр (ф-ла 4.18) и условный диаметр:

$$\chi = 0,5 + 2,0 \cdot 0,60 \sqrt{1 + 2,0^2} = 3,18 \text{ м}; d = 0,53 \cdot 3,18 = 1,68 \text{ м};$$

- расстояние до водоупора: $m = h_c - h = 10,0 - 1,30 = 8,70 \text{ м}$.

Величина расчётного напора по формуле (4.19) будет равна:

$$H_p = h - 0,6 \cdot a_e = 1,3 - 0,6 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ м},$$

$$\text{где } h_0 = 0,5 H_p = 0,5 \cdot 1,0 = 0,5 \text{ м}.$$

Водопроводимость пластов (ф-ла 4.10):

$$T = 0,85 (8,70 + 0,50) = 7,82 \text{ м}^2/\text{сут}.$$

Интенсивность дренирования определяем по формуле (4.13):

$$q = \frac{0,11 \cdot (1 - 0,5) + 0,034 \cdot 0,5 + (0,002 - 0,001) \cdot 15}{15} = 0,0058 \text{ м/сут},$$

где коэффициент водоотдачи (ф-ла 4.14):

$$\mu = 0,056 K^{1/2} \cdot (h - H_p)^{1/3} = 0,056 \cdot 0,85^{0,5} (1,3 - 1,0)^{1/3} = 0,034$$

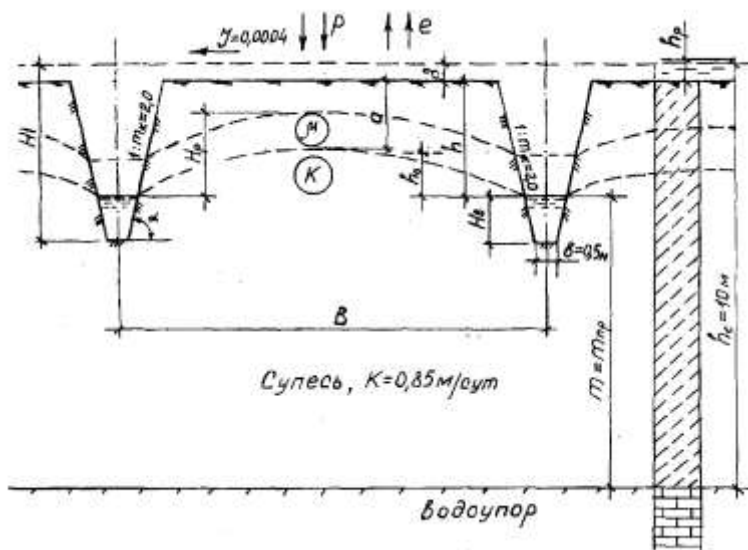


Рис. 4.5 Схема к расчету расстояния между открытыми осушителями в условиях однородной среды

Общие фильтрационные сопротивления при $L_i = 0$ (ф-ла 4.9):

$$L_f = \frac{8,70}{3,14} \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 8,70}{3,14 \cdot 1,68} \right) + \frac{2 \cdot 0,50}{8,70} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 0,50}{3,14 \cdot 1,68} \right) \right] = 2,99 \text{ м}$$

По формуле (4.6) получаем расстояние между осушителями:

$$B = 4 \left(\sqrt{2,99^2 + \frac{0,99 \cdot 7,82}{2 \cdot 0,0058}} - 2,99 \right) = 92,06 \text{ м}$$

Проверяем условие применимости формулы (4.6):

$$\frac{B}{4} = \frac{92,06}{4} = 23,02 \text{ м} > m = 8,70 \text{ м},$$

следовательно, имеет место случай близкого залегания водоупора ($m \leq B/4$), т.е. расчётная формула (4.6) применена правильно.

Выводы:

1. Расчетное расстояние между осушителями меньше рекомендуемых ($B = 125\text{-}130 \text{ м}$, см. прилож.2.1).
2. Окончательно принимаем к проектированию расчетную величину расстояния между осушителями $B = 90 \text{ м}$.

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ПЛАНЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

5.1 Требования к организации территории

Проектирование осушительной сети в плане необходимо производить с учетом нормативных требований по землеустройству мелиоративных систем, куда входят следующие основные вопросы:

- ликвидация мелкоконтурности сельскохозяйственных угодий;
- придание мелиорируемым участкам максимально правильной формы посредством выравнивания границ землепользования;
- проектирование размещения севооборотов и полей;
- совмещение трассировки проектируемых каналов и дорог с границами полей и сельскохозяйственных угодий;
- размещение элементов осушительной сети в пределах территории с/х угодий.

Требования к конфигурации и размерам полей:

- поля должны быть максимально правильной формы (прямоугольник с соотношением сторон 1:1 – 1:3);
- поля не должны иметь острых и внутренних углов;
- допустимое отклонение площади полей в составе севооборота $\pm 20\%$ от среднего значения;

При проектировании полей прямоугольной формы рекомендуется:

- соблюсти параллельность двух его длинных сторон;
- обеспечить длину поля в направлении главной его обработки размером не менее 500 м.

Требования к трассировке мелиоративной сети и дорог:

- при трассировании каналов, трубопроводов и дорог необходимо максимально совмещать проектируемые трассы мелиоративной сети и дорог с проектируемыми и существующими границами полей, севооборотов и других угодий;

- минимальное расстояние между проводящими осушительными каналами следует принимать 300-400 м (в пределах минимальной ширины поля);

- рекомендуется сводить к минимуму пересечение мелиоративной сети и границ полей ;

- при проектировании осушительной сети необходимо: не допускать пересечение границ полей с закрытым дренажом и трассировку проводящих каналов внутри полей в пределах одного поля.

5.2 Осушительная сеть

5.2.1 Основные положения по трассировке осушительной сети

Важным принципом проектирования в плане самотечной осушительной сети является оптимальное использование рельефа и высотного положения территории (относительно водоприемника) для трассировки осушительной сети.

При проектировании осушительной сети в плане необходимо руководствоваться следующими нормативными положениями и рекомендациями по проектированию:

- элементы осушительной сети трассируются по самым низким отметкам тех площадей, которые к ним подвешиваются по водосбору;

- при проектировании элементов осушительной сети максимально используются естественные понижения местности – тальвеги;

- закрытую осушительную сеть (в основном закрытые коллекторы) рекомендуется трассировать в направлении наибольшего уклона местности (перпендикулярно горизонталям);

- оградительная осушительная сеть (нагорные, нагорно-ловчие каналы) трассируется вдоль верхних границ мелиорируемой территории, со стороны которых поступают грунтовые и поверхностные воды;

- необходимо добиваться максимальной прямолинейности осушительной сети и минимального количества поворотов;
- рекомендуется максимальная реализация принципа параллельности и перпендикулярности всех элементов осушительной сети;
- допускаются углы поворота в плане до 60° (70°), как показано на рис.5.1, а при больших углах - проектируется дополнительный поворот или устраивается закругление;

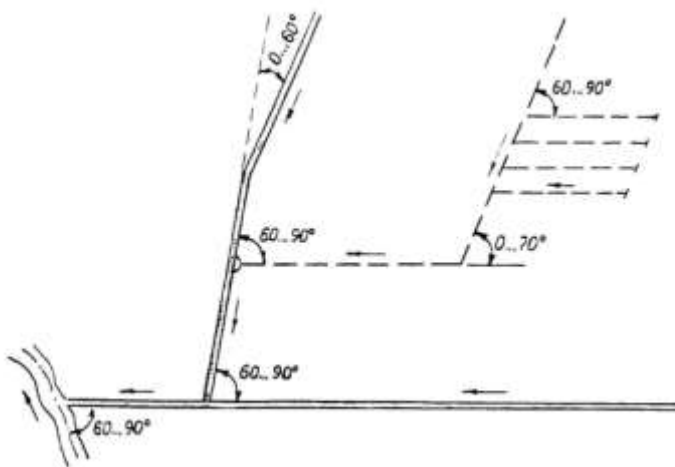


Рис. 5.1 Плановое сопряжение и повороты элементов осушительной сети

- плановое сопряжение элементов осушительной сети рекомендуется устраивать под углом 90° , допускаются углы сопряжения в диапазоне $60-90^{\circ}$ при соблюдении условия «попутности» сопряжения потоков воды (рис. 5.1);

- рекомендуется проектировать осушительную сеть максимально по схемам с двухсторонним впадением (рис 5.2а);
- расстояния между элементами проводящей осушительной сети определяются длиной впадающих элементов: между закрытыми коллекторами – длиной дрен, между открытыми коллекторами – длиной закрытых коллекторов;
- трассы каналов максимально совмещаются с границами сельхозугодий (полей, севооборотов и пр.) и трассами дорог;
- расположение в плане регулирующей сети (закрытый дренаж, открытые осушители) при осушении земель с грунтовым водным питанием возможно по трем характерным схемам: поперечной, продольной и комбинированной (рис. 5.2).

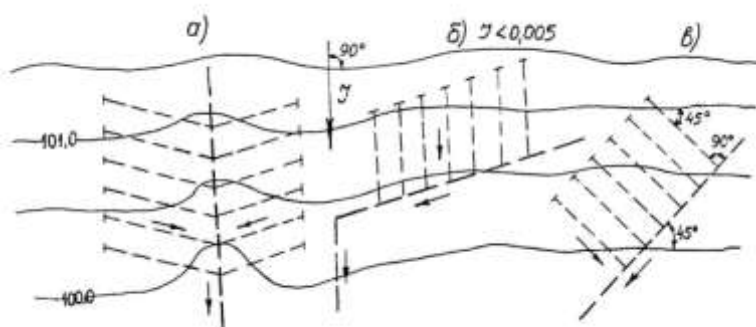


Рис. 5.2 Схемы расположения регулирующей осушительной сети в плане:

а - поперечная; б – продольная; в – комбинированная

5.2.2 Проектирование длины осушительной сети

Длина осушительной сети назначается в основном конструктивно (в рамках практических рекомендаций) с учётом ряда факторов по организации территории и условий по рельефу.

Длину различных элементов осушительной сети рекомендуется назначать в пределах:

- оптимальная длина открытых коллекторов (транспортирующих собирателей) находится в пределах 1200-1500 м;

- длина закрытых коллекторов в большой степени зависит от гидравлических показателей и типа труб. Для коллекторов, проектируемых из гончарных дренажных труб, оптимальная длина составляет 600-800м, максимальная – в пределах 1000-1200м;

- проектируемая длина закрытых дрен может иметь широкий диапазон значений в зависимости от ряда факторов (гидравлические показатели, рельеф, конфигурация участка и пр.) и составляет в среднем 130-160 м.

Максимальная (предельная) длина дрен определяется посредством расчёта (см.п.4.1.4), либо принимается на основе практических рекомендаций (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Максимальная длина закрытых дрен (м)

№ п/п	Конструкция дрен	Уклон дрен		
		0,003	0,005	0,01
1	Дрены из гончарных и пластмассовых труб	200	250	300
2	Кротовые дрены	150	200	-

Длину открытых осушителей (сенокосные угодья) рекомендуется проектировать в пределах 700-1600 м, оптимальная длина составляет 1000-1200 м. Осушители длиной менее 700 м проектируются обычно при осушении окраинных частей участков.

5.2.3 Выбор конкретной схемы осушения

Установление схемы осушения осуществляется после обоснования способов осушения (типов регулирующей сети) и выбора водоприемника. При выборе схемы осушения и структурного состава осушительной сети учитываются следующие факторы:

- тип регулирующей сети;
- рельеф местности;
- размеры и конфигурация мелиорируемого участка;
- наличие существующих угодий, сооружений, дорог и различных коммуникаций, не подлежащих изменению.

В качестве примера, ниже приводится характерная схема осушения (рис. 5.3) участка при использовании земель под пашню и сенокосы в условиях грунтового и атмосферно-грунтового

типов водного питания. Схемы осушения отдельных участков имеют следующую структуру(состав):

а) на части участка под пашней (рис. 5.3 – фрагмент слева)

- закрытый трубчатый дренаж (ЗД) – *регулирующая сеть*;
- закрытые трубчатые коллекторы (ЗК) – *проводящая сеть*;
- открытые каналы-коллекторы (ОК) -- *проводящая сеть*;
- нагорно-ловчий канал (НЛК) – *оградительная сеть*;
- магистральный канал (МК) -- *проводящая сеть*;
- водоприемник – *река*

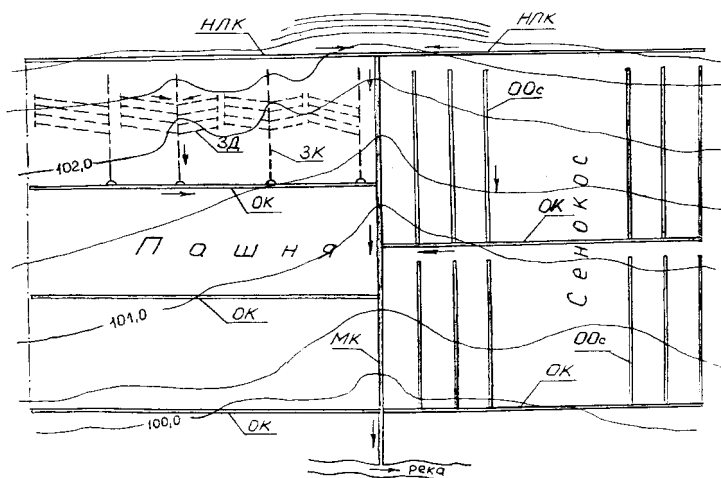


Рис. 5.3 Структурная схема осушения переувлажненного участка

б) сенокосная часть участка (рис. 5.3 - фрагмент справа)

- открытые осушители (ООс) – *регулирующая сеть*;
- открытые коллекторы (ОК) – *проводящая сеть*;
- нагорно-ловчий канал (НЛК) – *оградительная сеть*;

- магистральный канал (МК) - *проводящая сеть*;
- водоприемник – *река*

Проектирование осушительной сети в плане рекомендует-ся производить поэтапно, начиная от водоприемника. Вначале трассируются магистральные каналы и оградительная сеть. Затем проектируются трассы открытых коллекторов с увязкой их с границами землепользования. Завершающим этапом является проектирование регулирующей и закрытой коллекторной сети.

Примеры проектирования плановой компоновки осушительной сети показаны на планах мелиоративных систем (см. рис. 5.4, 5.6 и 5.7).

На рис. 5.4 изображен план осушительной системы комбинированного типа, где предусматривается осушение:

- на пашне (овощекормовой севооборот - I) – закрытым горизонтальным трубчатым дренажом:
- на сенокосной части участка (II) – сетью открытых осушителей.

Проводящая осушительная сеть представлена магистральным каналом (2), открытыми коллекторами (3) и закрытыми трубчатыми коллекторами (6). Функции оградительной осушительной сети выполняют нагорно-ловчие каналы (4). Для проведения увлажнительных мероприятий (предупредительного шлюзования) на каналах проводящей сети запроектированы регуляторы-переезды трубчатые.

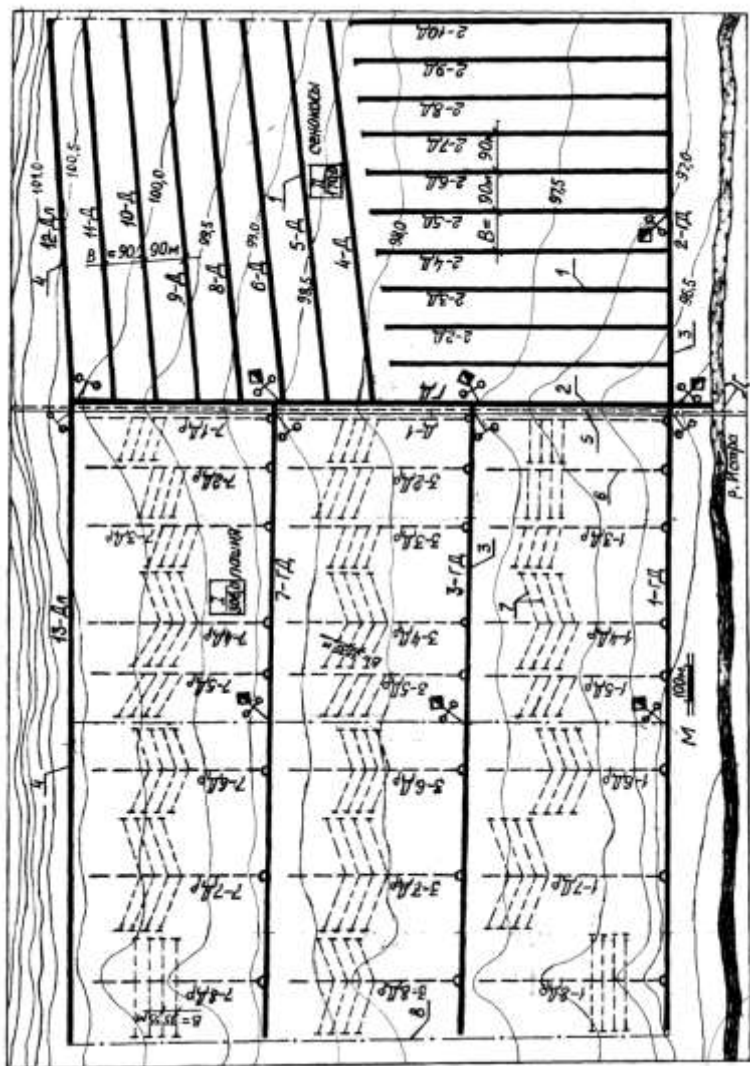


Рис. 5.4 План осушительной системы комбинированного типа

5.3 Оросительная сеть на осушаемых землях

Проектирование плановой компоновки осушительно-оросительной системы закрытого типа с орошением дождеванием имеет следующие особенности:

- осушительная и оросительная части системы проектируются отдельно по соответствующим нормативам осушения и орошения земель, так как элементы самотечной осушительной сети «изолированы» от напорных оросительных трубопроводов и работают независимо друг от друга. Исключения имеются лишь в случаях, когда отсутствует общий водоприемник-водоисточник, а осушительные каналы используются для подачи воды на увлажнение;
- производится взаимоувязка плановых параметров осушительной сети с технологическими параметрами дождевальных машин;
- осуществляется вертикальная увязка параметров по глубине в случаях пересечения оросительных трубопроводов с элементами осушительной сети.

При проектировании совместной оросительной и осушительной сети (см. рис. 5.5) необходимо учитывать следующие основные нормативные положения и рекомендации:

- оросительные трубопроводы не должны пересекаться с закрытыми дренами;
- количество пересечений оросительных трубопроводов с

каналами и закрытыми коллекторами должно быть минимальным;

– осушительные каналы не должны препятствовать передвижению дождевальных машин;

– плановые размеры осушительной сети и с/х угодий (полей) должны быть взаимоувязаны с плановыми размерами оросительной сети, т.е. должен соблюдаться принцип кратности основных размеров. Размеры полей, расстояния между проводящими осушительными каналами должны быть кратны расстоянию между гидрантами или расстоянию между оросительными трубопроводами (согласно технической характеристике дождевальной машины – см. прилож.1.1).

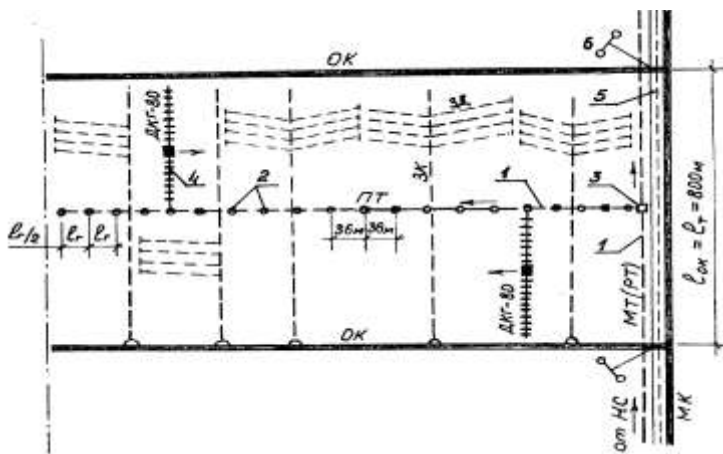


Рис. 5.5 Фрагмент схемы орошения осушаемых земель дождеванием (на примере дождевальной машины ДКГ-80)

1- оросительные трубопроводы; 2 – гидранты; 3 – распределительный колодец; 4 – крыло дождевальной машины и направление его перемещения; 5 – дорога; 6 – переезд трубчатый

Например, как показано на рис. 5.5, расстояние между открытыми коллекторами (OK) и длина закрытых коллекторов ($ЗК$) соизмеримы с шириной захвата дождевальной машины, т.е. $l_{ок} = (l_{маш} = l_T)$, а длина поля – кратна расстоянию между гидрантами (l_T).

При проектировании совместной осушительно-оросительной сети рекомендуется сначала наметить расположение оросительной сети, а затем под нее корректировать расположение и размеры элементов осушительной сети.

Примеры проектирования плановой компоновки осушительно-оросительной системы

В качестве примера, на рис.5.6 и 5.7 изображены планы осушительно-оросительных систем:

а) система комбинированного типа (рис.5.6) при орошении дождеванием ДДН-70: на пашне - из закрытой сети с применением сборно-разборных трубопроводов, на сенокосной части участка – из открытых осушителей-увлажнителей;

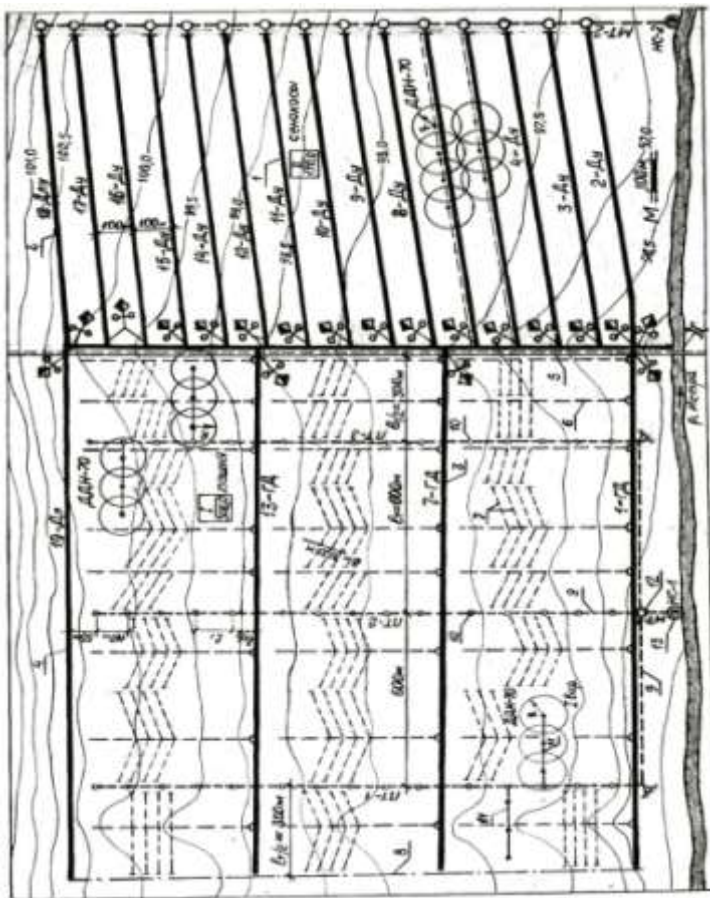
б) система закрытого типа (рис. 5.7) с использованием широкозахватных дождевальных машин:

- кругового действия «Фрегат» (модель марки ДМУ-А392-50, $l_{маш}=391,8м$) - на территории овощекормового севооборота (I);

- фронтального действия «Волжанка» - ДКШ-64А (базовая модель – $l_{кр}=400м$) – на лугопастбищном участке (II).

Оросительная трубопроводная сеть запроектирована ста-

Условные обозначения к планам мелиоративных систем
следует см. в приложении 8.



97

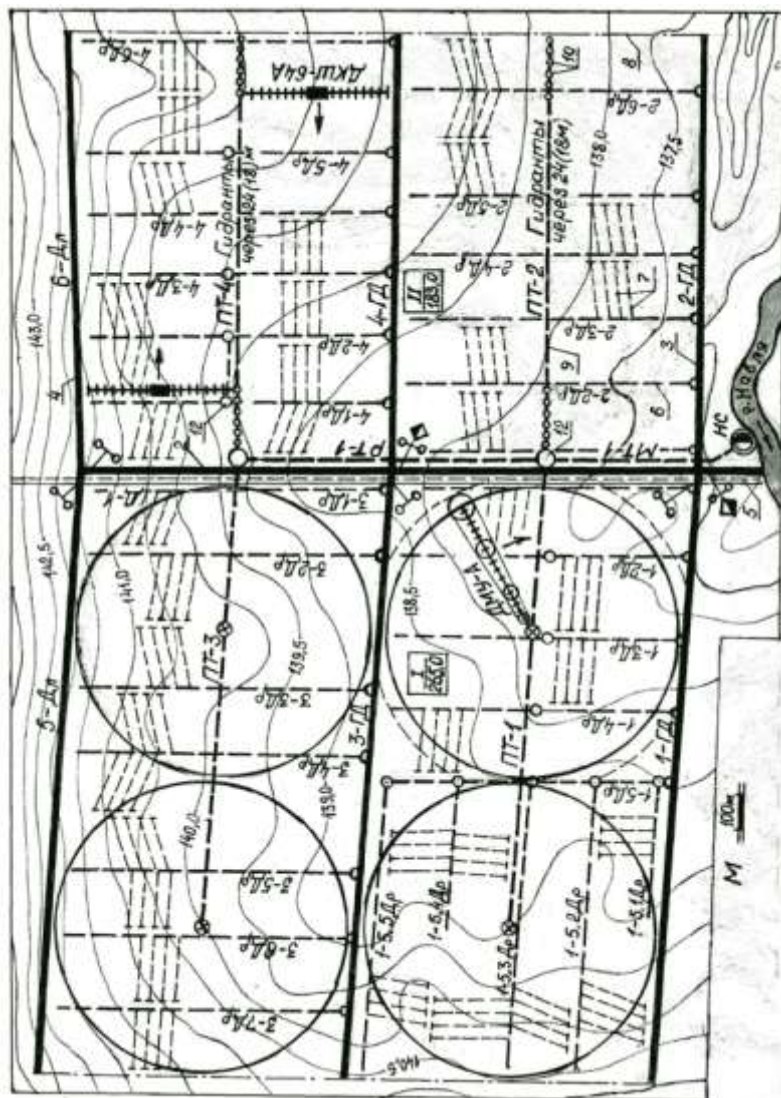


Рис. 5.7 План осушительно-оросительной системы закрытого типа с использованием широкозахватных дождевальных машин («Фрегат», «Волжанка»)

5.4 Дорожная сеть и сооружения на системе

5.4.1 Дорожная сеть

Дороги на мелиоративной системе необходимы для обеспечения проезда с/х машин, подвоза семян, удобрений, горюче-смазочных материалов, вывоза урожая, а также для производства эксплуатационных работ на мелиоративной сети и сооружениях. На мелиоративных системах проектируются следующие внутрихозяйственные дороги:

а) для связи осушаемого участка с хозцентром и существующей дорожной сетью – дороги с твердым покрытием (как минимум – с гравийно-щебеночным и шириной проезжей части 3,5 – 4,5 м). Трассы этих дорог рекомендуется проектировать вдоль крупных каналов проводящей осушительной сети (магистральный канал, открытые коллекторы первого порядка);

б) для заезда на поля севооборота – грунтовые профилированные дороги, проходящие по границам с/х угодий;

в) для технического обслуживания мелиоративной системы – эксплуатационные грунтовые дороги, проектируемые к местам расположения сооружений, вдоль каналов (с обеих сторон) и вдоль водоприемников.

5.4.2 Сооружения и устройства на мелиоративной системе

В целях обеспечения нормальной эксплуатации, а также для обеспечения проезда через каналы, на мелиоративной системе устраивается ряд сооружений и устройств.

Для обеспечения проезда через осушительные каналы устраиваются трубопереезды и мостовые переезды (мосты). Они устраиваются в местах пересечения дорожной сети с руслами водотоков. Мостовые переезды устраиваются, как правило, на крупных каналах (магистральных) и водоприемниках.

Для проведения увлажнительных мероприятий на осушаемых землях, а также в противопожарных целях, на торфяниках проектируются регуляторы-переезды трубчатые. Наиболее характерными местами их размещения являются устья крупных каналов (магистральных каналов и открытых коллекторов).

При сопряжении закрытых коллекторов с открытыми каналами предусматриваются устьевые сооружения. Они устраиваются в концевой части коллектора (устье).

В целях контроля за работой закрытой осушительной сети, а также для обслуживания коллекторов, устраиваются смотровые колодцы. Смотровые колодцы предусматриваются в следующих случаях:

- а) на коллекторах большой длины (более 700-800м) через каждые 300-400м;
- б) в местах соединения коллекторов разного порядка;

в) в местах резких изменений уклонов (с большего на меньший).

Возможно устройство смотровых колодцев и в других случаях (при соответствующем обосновании): при перепадах глубины, в местах угрозы быстрого заилиenia и пр.

На закрытых коллекторах, устраиваемых из гончарных дренажных труб, рекомендуется проектировать такие устройства, как переходы коллекторов под дорогами. Располагаются они в местах пересечения коллекторов с дорогами и предназначены для защиты коллекторов от воздействия дорожных нагрузок.

В целях борьбы с поверхностным стоком, при осушении замкнутых понижений (для ускорения поверхностного стока), проектируются следующие сооружения:

- поглотительные колодцы, предусматриваемые в понижениях с большими водосборными площадями. Поглотительные колодцы подключаются к ближайшим элементам осушительной сети, либо непосредственно располагаются на дренах и коллекторах;

- колонки-поглотители, используемые для осушения небольших понижений (блюдца) и располагаемые непосредственно на дренах и коллекторах.

Сопряжение поверхностного стока с каналами рекомендуется осуществлять при помощи водосбросных воронок, основное назначение которых заключается в предотвращении деформаций каналов (размыва откосов и заилиenia). Предусматрива-

ются водосбросные воронки в местах примыкания тальвегов к каналам.

В качестве сооружений и устройств, выполняющих чисто эксплуатационные функции, можно выделить следующие:

- гидрометрические посты, устраиваемые в устьевых створах каналов и на водотоках-водоприемниках;
- створы режимных скважин (колодцев), предназначенные для наблюдения за режимом грунтовых вод;
- знаки береговой обстановки.

Сооружения на оросительной трубопроводной сети осушительно-оросительных систем проектируются аналогично нормативам и правилам оросительных систем (см. п. 3.2.2).

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОВОДЯЩЕЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

6.1 Основы гидрологического расчёта каналов

6.1.1 Общие положения

Основной целью гидрологического расчёта является определение расчётных расходов в каналах проводящей и ограждающей осушительной сети, в реках-водоприемниках.

Виды расчётных расходов, их обеспеченность и условия пропуска устанавливаются на основе действующих нормативов (см. табл. 6.1 и 6.2) в зависимости от проектного использования земель.

Таблица 6.1 - Обеспеченность гидрометеорологических характеристик для проектирования горизонтального дренажа

Сельскохозяйственное использование земель	Расчётная обеспеченность, %	
	закрытый дренаж	открытые осушители
1. Пашня, пастбище	10	10
2. Сенокосы	25	20

Таблица 6.2 - Обеспеченность расчётных расходов и условия их пропуска для открытых каналов и водоприёмников осушительных систем

№ п/п	Сельскохозяйственное использование сельскохозяйственных земель	Расчётные расходы и модули стока	Запас от бровки канала при пропуске расчётного расхода	Обеспеченность, %
1	Для всех видов использования земель	средне-меженный (бытовой)	ниже впадающей сети (по норм. вертикального сопряжения)	50
2	Полевые севообороты с озимыми культурами на внепойменных землях	весеннего половодья	в бровках	10
		летне-осеннего паводка	0,30	10
3	Полевые севообороты без озимых культур	предпосевной	0,60	10
		летне-осеннего паводка	0,30	10
4	Овощные севообороты	предпосев-ной	0,80	5
		летне-ос. паводка	0,50	5
5	Пастбища	летне-ос. паводка	0,30	10
6	Сенокосы	летне-ос. паводка	в бровках	10

Определение расходов производится в характерных местах каналов – расчётных створах, при выборе которых руководствуются нормативными положениями [5], а именно:

- в устьях каналов, имеющих водосборную площадь более 500 га;

- выше впадения каждого гидравлически рассчитываемого канала;

- в местах резкого изменения уклона;
- в местах расположения дорожно-гидротехнических сооружений (независимо от величины водосборной площади).

Расчетным является участок канала до вышерасположенного расчетного створа.

Для получения размеров и характеристик водосборных площадей запроектированная проводящую и оградительную сеть каналов переносится на мелкомасштабную карту местности М1:25000–1:50000. Картометрическими методами по каждому расчетному створу устанавливаются границы водосборных площадей и определяются их основные характеристики (степени залесённости, заболоченности, зарегулированности и пр.). Выкопировка из карты водосборной площади прилагается к проекту и является исходной основой для выполнения гидрологических расчётов.

6.1.2 Определение максимальных расходов весеннего половодья

Максимальные расходы воды весеннего половодья рекомендуется определять по формуле:

$$Q_p = \frac{K_0 \cdot h_p \cdot A}{(A + A_1)^n} \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \mu, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.1)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья (табл.6.3);

A – площадь водосбора, км²;

A_1 – поправочная площадь, учитывающая редукцию модуля стока в зависимости от изменения водосборной площади (табл. 6.3), км²;

n – показатель степени редукции (табл. 6.3);

δ – коэффициент, учитывающий агротехнические особенности (распаханность) водосбора (табл. 6.3);

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и максимальных расходов воды (табл. 6.3);

δ_2 – коэффициент, учитывающий влияние зарегулированности стока на водосборе (озёрами, прудами, водохранилищами и пр.), определяемый по формуле:

$$\delta_1 = \frac{1}{1 + c \cdot f_{оз}} \quad (6.2)$$

$f_{оз}$ – средневзвешенная озёрность водосбора, %;

c – коэффициент, зависящий от величины среднемноголетнего слоя стока весеннего половодья (табл. 6.3);

δ_2 – коэффициент, учитывающий влияние залесённости и заболоченности водосбора, определяемый по формуле:

$$\delta_2 = 1 - 0,8 \cdot \lg(0,05 \cdot f_{л} + 0,1 \cdot f_{б} + 1) \quad (6.3)$$

где $f_{л}, f_{б}$ – степени соответственно залесённости и заболоченности водосбора, %

h_p – суммарный слой стока весеннего половодья для года расчётной обеспеченности, определяемый по зависимости:

$$h_p = K_p \cdot \bar{h}, \text{ мм} \quad (6.4)$$

K_p - модульный коэффициент перехода от величины сред-
немноголетней к величине расчётной обеспеченности (ордината
кривой трёхпараметрического гамма-распределения, (см. при-
лож. 3.4). Для центральных районов европейской части РФ при
установлении K_p можно принимать: $C_S = 2 C_V$; $C_V = 1,25 C'_V$
(при $A < 50 \text{ км}^2$);

C'_V – коэффициент вариации слоя стока весеннего полово-
дья, определяемый по картам изолиний (см. прилож. 3.3);

$\bar{h}$ - среднемноголетний слой стока весеннего половодья,
мм (при отсутствии местных данных определяется по картам изоли-
ний, см. прилож. 3.2).

*Таблица 6.3 - Расчётные параметры к формуле (6.1) мак-
симального расхода весеннего половодья*

№ п/п	Параметры	Природные зоны европейской части РФ									
		лесная - при обесп.,%					лесостепная - при обесп.,%				
		1	3	5	10	25	1	3	5	10	25
1	μ	1,0	0,97	0,96	0,93	0,90	1,0	0,96	0,93	0,89	0,80
2	A_1	1,0					2,0				
3	n	0,17					0,25				
4	K_0 при катего- рии рельефа: I II III	0,010 0,008 0,006					0,030 0,017 0,012				
5	δ при распа- ханности водосбора: <50% 50-70% $\geq 70\%$	1,00 0,95 0,90					1,00 0,95 0,90				
6	C при $\bar{h}$: 100мм 99-75мм 74-55 мм	0,20 0,25 0,30					0,20 0,25 0,30				

6.1.3 Весенние предпосевные расходы

Предпосевные расходы определяются по зависимости:

$$Q_{nn.} = Q_p \cdot K, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.5)$$

где Q_p – максимальный расход весеннего половодья, $\text{м}^3/\text{с}$;

K – коэффициент редукции максимального расхода, определяемый по формуле П.А. Дудкина:

а) для водосборов с холмистым рельефом и преобладанием глинистых и суглинистых почв:

$$K = \frac{1,64}{T^{0,34}} - 0,4 \quad (6.6)$$

б) для заболоченных водосборов со спокойным рельефом и пологими склонами, с преобладанием супесчаных, песчаных и песчано-болотных почв:

$$K = \frac{3,63}{T^{0,2}} - 1,64, \quad (6.7)$$

где T – допустимая продолжительность затопления весенними талыми водами, сут (устанавливается на основе с/х использования земель – по наиболее требовательным культурам, см. табл. 2.2).

6.1.4 Максимальные расходы дождевых летне-осенних паводков

При отсутствии точных данных по водосбору, а также в работах учебного характера, рекомендуется использовать формулу Д.Л. Соколовского:

$$Q_{\partial} = \frac{B_p \cdot A}{\sqrt{A}} \cdot \delta \cdot \delta' \cdot \delta'' \cdot \delta''', \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.8)$$

где B_p - районный параметр, определяющий обеспеченность расчётного расхода (см. табл. 4.2);

δ - коэффициент, учитывающий характер рельефа водосбора (см. табл. 6.4);

δ' , δ'' , δ''' - коэффициенты, учитывающие снижение расчётного расхода за счёт (соответственно): озёрности и заболоченности, характера (водопроницаемости) почв на водосборе, топографических особенностей водосборной площади, которые определяются по формулам:

$$\delta' = 1 - 0,7 \cdot \lg(1 + f_{oz} + 0,2 \cdot f_{\partial}) \quad (6.9)$$

$$\delta'' = 1 - \nu \cdot \lg(1 + f_{np}) \quad (6.10)$$

$$\delta''' = 0,5 \cdot \frac{B_m \cdot L}{A} \quad (6.11)$$

где f_{oz} , f_{∂} - степени заозёрности и заболоченности водосборной площади соответственно, %;

f_{np} - доля хорошо водопроницаемых почв на водосборе (в долях от ед.);

ν - коэффициент, учитывающий характер почв на водосборе (см. табл. 6.4);

B_m – максимальная ширина водосбора, км;

L – длина водосборной площади, км;

A – площадь водосбора, км².

Таблица 6.4 - Расчётные параметры к формуле Д.Л. Соколовского (6.8) для условий лесной и лесостепной зоны европейской части РФ

№ п/п	Параметры	Обеспеченность, %				
		1	2	5	10	25
1	Районный параметр: B_p	12-13	10-11	7-9	4-6	3-3,5
2	δ при рельефе: - плоском - холмисто-волнистом - смешанном	0,5 – 0,6				
		0,7 – 0,8				
		0,6 – 0,7				
3	V - для почв: а) с лесным покровом - глинистых, суглинистых - супесчаных - песчаных, заболоченных б) всех типов без лесного покрова	0,25 – 0,30				
		0,30 – 0,35				
		0,35 – 0,40				
		0,25 – 0,30				

6.1.5 Определение бытовых расходов

Бытовые расходы (среднемеженные 50% обеспеченности) в каналах осушительной сети определяются по формуле:

$$Q_b = q_{вн} \cdot A_{вн} + q_{др} \cdot A_{др}, л / с \quad (6.12)$$

где $A_{вн}$, $A_{др}$ – площади внешнего водосбора и внутреннего водосбора, тяготеющие к расчётному створу, га;

$q_{вн}$ – модуль бытового стока с внешней водосборной площади, л/с·га;

$q_{др}$ – модуль дренажного стока в бытовой период с осушаемой территории, л/с·га.

Внешняя водосборная площадь для соответствующих расчётных створов:

$$A_{\text{вн}} = A - A_{\text{ос}}, \text{га} \quad (6.13)$$

где A – общая водосборная площадь (устанавливается при определении Q_p, Q_o), га;

$A_{\text{ос}}=A_{\text{др}}$ – дренируемая площадь, определяемая по плану осушительной системы, га.

Модуль внешнего бытового стока определяется по региональным формулам, а при их отсутствии может быть принят по таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Модуль стока с внешнего водосбора в бытовой период

№ п/п	Водное питание переувлажнённых земель	$q_{\text{вн}}, \text{л/с}\cdot\text{га}$
1	Атмосферно-грунтовое	0,02
2	Грунтово-делювиальное, бассейн грунтовых вод	0,03
3	Поток грунтовых вод	0,04
4	Грунтово-напорное	0,05

Модуль дренажного стока в бытовой период с осушаемых земель рекомендуется определять из формул (4.6 и 4.7), по которым производился расчёт расстояний между закрытыми дренами или открытыми осушителями (в обратном порядке при соответствующем расчетном напоре (H) бытового периода – см. табл. 6.6):

а) для случая близкого залегания водоупора

$$q_{op} = \frac{928 \cdot H \cdot T}{(B + 4 \cdot L_f)^2 - 16 \cdot L_f^2}, \text{ л/с} \cdot \text{га} \quad (6.14)$$

Таблица 6.6 - Расчётный напор для расчёта регулирующей сети в бытовой период

№ п/п	Тип регулирующей сети	Расчётное расстояние между дренирующими элементами сети (В), м	Напор (H), м			
			торф	супесь	суглинок	песок
1	Закрытый горизонтальный трубчатый дренаж	20 – 25	0,20	0,30	0,35	-
		25 – 35	0,25	0,35	-	0,20
		35 – 45	0,30	-	-	0,25
2	Открытые осушители	70 – 90	0,50	0,60	0,70	0,40
		90 – 110	0,60	0,70	0,80	0,45
		110 – 140	0,70	0,80	-	0,50

б) для случая глубокого залегания водоупора

$$q_{op} = \frac{728,5 \cdot H \cdot K}{B \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot B}{\pi \cdot d} \right) + L_i \right]}, \text{ л/с} \cdot \text{га} \quad (6.15)$$

где В – расчётное расстояние между дренами или осушителями, м;

Н – расчётный напор для бытового периода, который ориентировочно можно принять по табл. 6.6 или по данным прилож. 2 – равным Δh (ΔH), м.

6.1.6 Пример гидрологического расчета осушительных каналов

Расчет производим для гидромелиоративной системы, изображенной на рис. 5.4. Для исполнения расчета используем выкопировку из карты водосборной площади мелиоративной системы (см. рис. 6.1), где обозначены: местоположение расчетных створов на каналах проводящей и оградительной осушительной сети, границы водосбора и их основные картографические характеристики, приведенные в таблице 6.7.

Таблица 6.7 - Характеристики водосборной площади мелиоративной системы

№ створа (канал)	Площадь водосбора, км ²			Залесенность		Заболоченность		Зарегулированность		Распаханность	
	<i>A</i>	<i>A_{вн}</i>	<i>A_{ос}</i>	км ²	<i>f_л</i> , %	км ²	<i>f_б</i> , %	км ²	<i>f_{оз}</i> , %	км ²	%
1 (ГД)	21,8	17,04	4,76	5,45	25,0	2,47	11,3	0,34	1,56	6,14	28,2
2...6	∠ 0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 (13-Дл)	12,4	12,4	-	5,20	41,9	1,26	10,5	0,34	2,74	0,55	4,4

По условиям с/х использования (пашня с озимыми зерновыми + сенокосы) устанавливаем виды расчетных расходов и их обеспеченность (по пашне - см. табл. 6.2): весеннего половодья – 10%, летне-осенних дождевых паводков -10% и бытовой - 50%.

Определение максимальных расходов весеннего половодья

Используя карты изолиний (см. прилож. 3.2...3.4), определяем вначале суммарный слой стока весеннего половодья:

$$h_p = K_p \cdot \bar{h} = 1,77 \cdot 95 = 168 \text{ мм (где } C_s = 2 C_v, \quad C_v = 1,25 \\ C'_v = 1,25 \cdot 0,46 = 0,575 \text{ -при } A < 50 \text{ км}^2).$$

По таблице 6.3 устанавливаем соответствующие расчетные параметры:

$\mu = 0,93$, $A_1 = 1,0 \text{ км}^2$, $n = 0,17$, $K_0 = 0,006$, $\delta = 1,0$ (при распаханности $\angle 50\%$), $c = 0,25$.

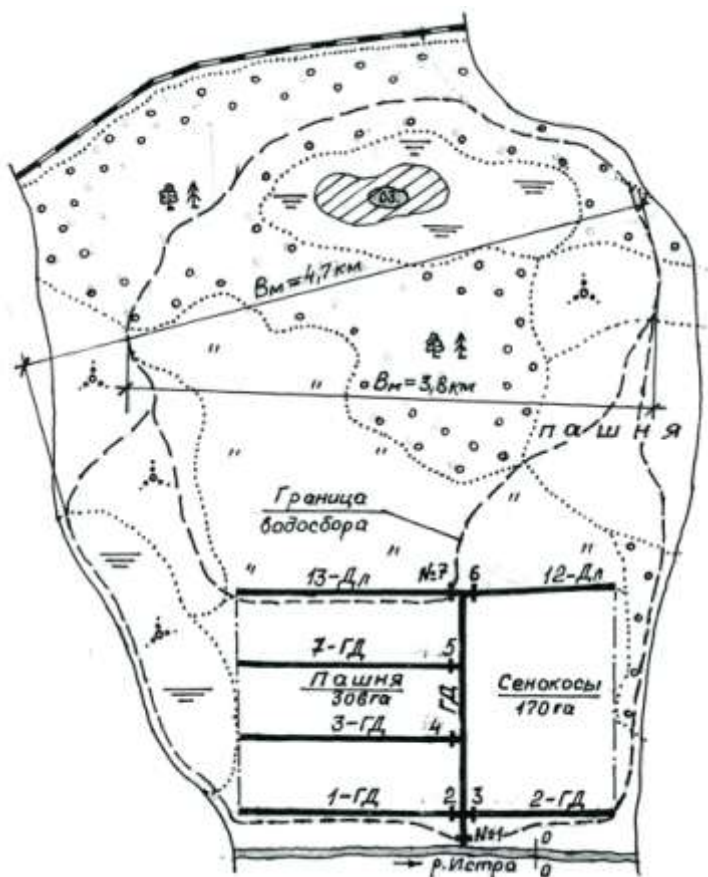


Рис. 6.1 Выкопировка из карты водосборной площади мелиоративной системы (М 1:25000)

а) магистральный канал ГД - створ №1

Максимальный расход весеннего половодья определяем по ф-ле (6.1):

$$Q_p = \frac{0,006 \cdot 168 \cdot 21,8}{(21,8 + 1,0)^{0,17}} \cdot 1,0 \cdot 0,72 \cdot 0,69 \cdot 0,93 = 5,97 \text{ м}^3 / \text{с},$$

где коэффициенты, снижающие расчетный расход за счет:

- зарегулированности стока на водосборе (ф-ла 6.2)

$$\delta_1 = \frac{1}{1 + 0,25 \cdot 1,56} = 0,72$$

- залесённости и заболоченности водосбора (ф-ла 6.3)

$$\delta_2 = 1 - 0,8 \cdot \lg(0,05 \cdot 25,0 + 0,1 \cdot 11,3 + 1) = 0,69$$

б) нагорно-ловчий канал 13-Дл - створ №7

Используя ранее найденные показатели и данные таблиц 6.7 и 6.3, аналогично получаем:

$$Q_p = \frac{0,006 \cdot 168 \cdot 12,4}{(12,4 + 1,0)^{0,17}} \cdot 1,0 \cdot 0,59 \cdot 0,51 \cdot 0,93 = 2,25 \text{ м}^3 / \text{с},$$

где коэффициенты, снижающие расчетный расход за счет зарегулированности, залесённости и заболоченности водосбора :

$$\delta_1 = \frac{1}{1 + 0,25 \cdot 2,74} = 0,59 \quad \delta_2 = 1 - 0,8 \cdot \lg(0,05 \cdot 41,9 + 0,1 \cdot 10,5 + 1) = 0,51$$

**Определение максимальных расходов
летне-осенних дождевых паводков**

По таблице 6.3 устанавливаем необходимые расчетные параметры:

$$B_p = 5, \delta = 0,75, \nu = 0,30$$

а) магистральный канал ГД - створ №1

Величина расчетного расхода по формуле (6.8) будет равна:

$$Q_o = \frac{5 \cdot 21,8}{\sqrt{21,8}} \cdot 0,75 \cdot 0,52 \cdot 0,94 \cdot 0,58 = 4,96 \text{ м}^3 / \text{с}$$

где коэффициенты, учитывающие снижение расчётного расхода определены по формулам (6.9...6.11):

$$\delta' = 1 - 0,7 \cdot \lg(1 + 1,56 + 0,2 \cdot 11,3) = 0,52$$

$$\delta'' = 1 - 0,30 \cdot \lg(1 + 0,60) = 0,94$$

$$\delta''' = 0,5 \cdot \frac{4,7 \cdot 5,4}{21,8} = 0,58 \quad (\text{максимальная ширина}$$

$B_m = 4,7 \text{ км}$ и длина водосбора $L = 5,4 \text{ км}$ установлены картометрически - см. рис. 6.1).

б) нагорно-ловчий канал 13-Дл - створ №7

Для канала 13-Дл аналогично получаем:

$$Q_o = \frac{5 \cdot 12,4}{\sqrt{12,4}} \cdot 0,75 \cdot 0,46 \cdot 0,95 \cdot 0,64 = 3,69 \text{ м}^3 / \text{с}$$

где коэффициенты, учитывающие снижение расчётного расхода:

$$\delta' = 1 - 0,7 \cdot \lg(1 + 2,74 + 0,2 \cdot 10,5) = 0,46$$

$$\delta'' = 1 - 0,30 \cdot \lg(1 + 0,45) = 0,95$$

$$\delta''' = 0,5 \cdot \frac{3,8 \cdot 4,2}{12,4} = 0,64$$

Определение бытовых расходов

Вначале устанавливаем соответствующие модули бытового стока:

- с внешнего водосбора $q_{вн} = 0,03 \text{ л/с} \cdot \text{га}$ (для грунтового ТВП, см. табл.6.5);

- с осушаемой территории под пашней ($A=306 \text{ га}$) – из формулы (6.14) по определению междренного расстояния (см. пример расчета в п. 4.1.5, где $B_{расч}=54 \text{ м}$, но принято $B_{пр}=35 \text{ м}$ – случай «промежуточного залегания водоупора»):

$$q_{оп} = \frac{928 \cdot 0,35 \cdot 7,81}{(35 + 4 \cdot 26,3)^2 - 16 \cdot 26,3^2} = 0,295 \text{ л/с} \cdot \text{га}$$

(где $H=0,35 \text{ м}$ – см. табл. 6.6);

- с осушаемой территории под сенокосами ($A=170 \text{ га}$) – определяем аналогично, но из формулы (6.14) (см. пример расчета открытых осушителей в п. 4.2.3, где $B_{расч}=92,06 \text{ м}$, но принято $B_{расч}=90 \text{ м}$ – случай близкого залегания водоупора):

$$q_{op} = \frac{928 \cdot 0,60 \cdot 7,82}{(90 + 4 \cdot 2,99)^2 - 16 \cdot 2,99^2} = 0,425 \text{ л/с} \cdot \text{га}$$

(где $H=0,60\text{м}$ – см. табл. 6.6).

Используя размеры водосборных площадей $A_{вн}$, A_{op} (табл. 6.7) и найденные модули стока, получаем бытовые расходы (ф-ла 6.12):

а) магистральный канал ГД - створ №1

$$Q_{\bar{o}} = 0,03 \cdot 1704 + (0,295 \cdot 306 + 0,425 \cdot 170) = 213,6 \text{ л/с} = 0,2 \text{ м}^3 / \text{с}$$

б) нагорно-ловчий канал 13-Дл - створ №7

$$Q_{\bar{o}} = 0,03 \cdot 1240 + 0,00 = 37,2 \text{ л/с} = 0,04 \text{ м}^3 / \text{с}$$

6.2 Гидравлические расчеты

6.2.1 Основы расчетов

Согласно действующим нормативам[14], при расчёте осушительных каналов и закрытых коллекторов принимается гидравлический режим равномерного установившегося движения воды в открытых (безнапорных) руслах, что позволяет использовать в основе расчёта формулу Шези:

$$Q = \omega \cdot c \cdot \sqrt{R \cdot I}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.16)$$

Для определения скоростей движения воды используется уравнение неразрывности (сплошности) потока:

$$Q = \omega \cdot v, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.17)$$

где Q – пропускная способность русла, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω – площадь живого сечения потока воды, м^2 ;

c – скоростной коэффициент Шези, $\text{м}^{0,5}/\text{с}$;

I – гидравлический уклон (уклон поверхности воды) – принимается уклону проектного дна;

R – гидравлический радиус потока воды, м ;

v – скорость движения воды, $\text{м}/\text{с}$.

Основная суть гидравлических расчетов состоит в том, что левые части уравнений (6.16; 6.17) приравняются расчетным расходам, и из получаемых таким образом выражений находятся требуемые расчетные параметры.

6.2.2 Гидравлический расчёт каналов

При выполнении гидравлического расчёта каналов решаются следующие задачи:

- обоснование и расчёт основных параметров (из условия пропуска максимальных расходов);
- обеспечение необходимого скоростного режима (по всем расчётным расходам);

- обеспечение нормативов вертикального сопряжения со впадающими в канал элементами осушительной сети (из условия пропуска бытовых расходов);

- обоснование конструкции крепления каналов (из условия пропуска максимальных расходов);

При выполнении гидравлического расчета каналов трапециевидальной формы (рис. 6.2) расчетные показатели уравнений (6.16; 6.17) определяются по формулам:

- площадь живого сечения

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h, \text{ м}^2 \quad (6.18)$$

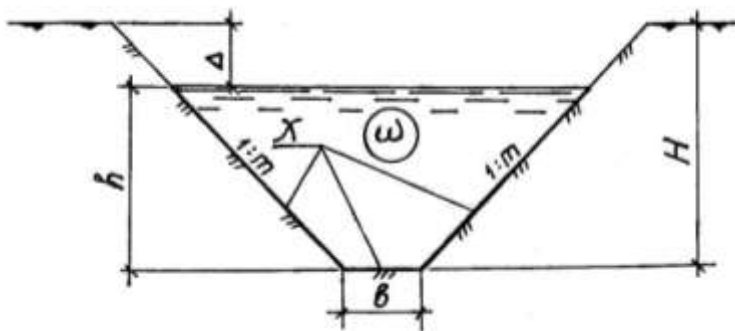


Рис.6.2 Параметры поперечного сечения канала

- смоченный периметр

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \text{ м} \quad (6.19)$$

- гидравлический радиус

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ м} \quad (6.20)$$

- скоростной коэффициент Шези:

а) по формуле И.И.Агроскина:

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \cdot \lg R, \text{ м}^{0,5} / \text{с} \quad (6.21)$$

б) или по формуле Н.Н.Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \text{ м}^{0,5} / \text{с} \quad , \quad (6.22)$$

где $y = 1,5\sqrt{n}$ - при $R < 1 \text{ м}$, $y = 1,3\sqrt{n}$ - при $R > 1 \text{ м}$.

В вышеприведенных формулах:

h – глубина воды в канале, м;

b – ширина канала по дну, м;

m – коэффициент заложения откоса;

n – коэффициент шероховатости русла.

Гидравлический расчёт каналов сводится в основном к решению одной из задач гидравлики, когда определяется глубина воды в канале, а именно:

$$\frac{Q, I, b, m, n}{h - ?}$$

Наиболее распространенным является графический способ решения этой задачи. При решении данной задачи:

- пропускная способность канала (Q) приравняется соответствующим расчётным расходам (см. п. 6.1);

- гидравлический уклон (I) приравняется проектному уклону дна канала, устанавливаемому на основе профиля поверхности земли по трассе канала;

- ширина каналов по дну (φ) в первом приближении принимается минимальной - в пределах $0,5 - 0,6$ м;

- коэффициенты шероховатости русла (n) принимаются по земляному руслу или с учётом крепления одерновкой (см. прилож. 4.2).

- коэффициенты заложения откосов (m) назначаются на основе действующих нормативов в зависимости от грунта и строительной глубины (см. табл. 4.2). Строительная глубина (H) на первом этапе расчёта может быть принята: для открытых коллекторов $1,8 - 2,0$ м, для магистральных каналов ≥ 2 м.

По найденным глубинам воды (h_i) и соответствующим расчётным расходам (Q_i) определяются расчётные скорости (v_i) по формуле:

$$v_i = \frac{Q_i}{(\varphi + m \cdot h_i) \cdot h_i}, \text{ м/с} \quad (6.23)$$

Нормальный скоростной режим в канале характеризуется выполнением условия:

$$[v_3] \leq v_i \leq [v_p] \quad (6.24)$$

где $[v_3]$ - допустимая незаилающая скорость, принимается для осушительных каналов 0,2 м/с (0,1 м/с – в особых случаях);

$[v_p]$ - допустимая неразмывающая скорость, устанавливаемая по соответствующим нормативам (см. прилож. 6.3).

В случаях невыполнимости условия (6.24) производится корректировка проектных решений, а соответственно и расчета. Например, наиболее характерными проектными решениями являются:

- изменение уклона;
- проектирование крепления русла;
- при невозможности увеличения уклона: снижение $[v_3]$

до 0,1 м/с – при условии проектирования особых условий эксплуатации канала (например, канал чаще окашивать и очищать русло от заиления).

Пример гидравлического расчета осушительного канала

Данный пример основан на итоговых данных гидрологического расчета, рассмотренного в п. 6.1, где определялись расходы каналов.

Исходные данные: рассчитываемый канал – магистральный ГД, его проектный уклон – $I=0,0024$, грунты русла по трассе – супесчаные.

Расчет

Принимаем исходные параметры сечения канала (рис. 6.2): ширина канала по дну $b=0,5\text{ м}$; коэффициент заложения откосов $m=2,0$ (табл. 4.2); коэфф. шероховатости русла $n=0,035$ (по земляному руслу - прилож. 4.2).

Задавая произвольными значениями глубины воды (h), по формуле (6.16) определяем пропускную способность русла канала (Q). Например, при глубине $h=0,8\text{ м}$ по ф-лам (6.18...6.21, 6.16 получаем):

- площадь живого сечения $\omega = (0,50 + 2,0 \cdot 0,80) \cdot 0,80 = 1,68 \text{ м}^2$;

- смоченный периметр $\chi = 0,50 + 2 \cdot 0,80 \sqrt{1 + 2,0^2} = 4,08 \text{ м}$;

- гидравлический радиус $R = 1,68 / 4,08 = 0,41 \text{ м}$;

- скоростной коэффициент Шези

$$C = \frac{1}{0,035} + 17,72 \cdot \lg 0,41 = 21,7 \text{ м}^{0,5} / \text{с};$$

- пропускная способность русла

$$Q = 1,68 \cdot 21,7 \cdot \sqrt{0,41 \cdot 0,0024} = 1,14 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Расчет производим в табличной форме (см. табл. 6.8).

Таблица 6.8 - Расчет пропускной способности канала ГД

$h, м$	$\omega, м^2$	$\chi, м$	$R, м$	$\sqrt{R}$	$C, м^{0,5}/с$	$\omega \cdot C \cdot \sqrt{R}$	$I=0,0024$	
							$\sqrt{\frac{R}{I}}$	$Q, м^3/с$
0,1	0,07	0,95	0,074	0,27	8,56	0,162	0,049	0,0079
0,2	0,18	1,39	0,13	0,36	12,9	0,836		0,041
0,3	0,33	1,84	0,18	0,42	15,4	2,13		0,104
0,5	0,75	2,74	0,27	0,52	18,5	7,22		0,354
0,8	1,68	4,08	0,41	0,64	21,7	23,33		1,14
1,0	2,50	4,97	0,50	0,71	23,3	41,36		2,03
1,2	3,48	5,86	0,59	0,77	24,5	65,65		3,22
1,6	5,92	7,65	0,77	0,88	26,6	138,57		6,80
2,0	9,00	9,44	0,95	0,97	28,2	246,19		-

По данным таблицы 6.8 строим график зависимости $h = f(Q)$, по которому по значениям расчетных расходов ($Q_p = 5,97 м^3/с$, $Q_o = 4,96 м^3/с$, $Q_e = 0,20 м^3/с$ – см. п. 6.1) определяем соответствующие глубины воды в канале (см. рис. 6.3): $h_p = 1,53 м$, $h_o = 1,44 м$, $h_e = 0,38 м$

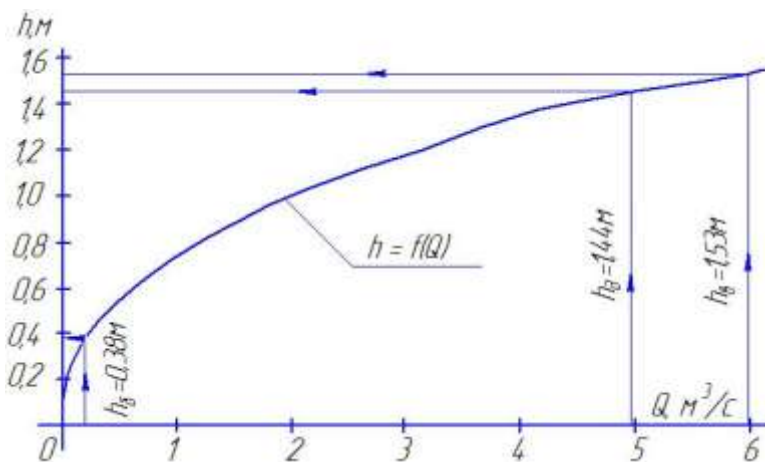


Рис. 6.3 Расходная характеристика магистрального канала ГД

Расчетные скорости воды при пропуске экстремальных расходов будут равны (ф-ла 6.23):

$$\text{- максимальная} \quad v_p = \frac{5,97}{(0,50 + 2,0 \cdot 1,53) \cdot 1,53} = 1,10 \text{ м/с}$$

$$\text{- минимальная} \quad v_{\delta} = \frac{0,20}{(0,50 + 2,0 \cdot 0,38) \cdot 0,38} = 0,42 \text{ м/с}$$

Анализируем скоростной режим в канале на выполнимость условия(6.24), для чего устанавливаем допустимые скорости:

-допустимая неразмывающая

$$[v_p] = v \cdot \sqrt[3]{R} = 0,70 \cdot \sqrt[3]{0,84} = 0,66 \text{ м/с (см.прилож.4)};$$

- допустимая незаиляющая для осушительных каналов

$$[v_s] = 0,20 \text{ м/с.}$$

В результате расчета получаем:

$$[v_s] < v_{\delta} \quad (0,20 \text{ м/с} < 0,42 \text{ м/с})$$

$$v_p < [v_p] \quad (0,66 \text{ м/с} < 1,10 \text{ м/с})$$

Выводы

1. Условие незаиляемости канала выполняется.
2. Условие неразмываемости не выполняется, следовательно, необходимо крепление канала. При данном скоростном режиме будет достаточным крепление одерновкой, которая выдерживает скорости до 1,5 м/с (см. прилож.4.3).

6.2.3 Проектирование гидравлически нерассчитываемых каналов

На осушительных системах значительная часть каналов (открытые коллекторы) входит в категорию гидравлически нерассчитываемых. В эту категорию попадают каналы, имеющие водосборную площадь $< 500 \text{ га}$ и максимальные расчётные расходы $< 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Многие параметры таких каналов устанавливаются конструктивно с учётом действующих нормативных требований, а именно:

- ширина каналов по дну проектируется минимального размера $0,4 - 0,5 \text{ м}$;
- заложение откосов назначается по общим правилам проектирования осушительных каналов (см. табл. 4.2);
- глубина каналов устанавливается из условия вертикального сопряжения со впадающими и принимающими элементами осушительной сети;
- проектные уклоны дна рекомендуется принимать $\geq 0,0005$ (на безуклонных территориях - $\geq 0,0002$).

6.2.4 Гидравлический расчет закрытых коллекторов

Гидравлический расчет закрытых коллектора сводится к определению диаметров труб и размеров (длин) участков коллекторов с соответствующими диаметрами, а также к обеспече-

нию оптимального скоростного режима движения воды в трубах (норматив скоростей: в пределах 0,3-1,5 м/с).

Расчет производится для безнапорного режима работы и при условии пропуска максимальных расходов воды полным сечением труб.

В расчетной формуле Шези (6.16):
 $Q_k = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot I}, \text{ м}^3/\text{с}$ -- основные параметры для трубчатой сети определяется по формулам:

- площадь живого сечения

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (6.25)$$

- гидравлический радиус

$$R = 0,25 \cdot d, \text{ м} \quad (6.26)$$

- скоростной коэффициент Шези

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}, \text{ м}^{0,5}/\text{с} \quad (6.27)$$

В этих формулах: d – диаметр трубы, м; n – коэффициент шероховатости труб (см. прилож. 4.1); I – проектный уклон трубопровода (коллектора).

Расчетные расходы воды коллектора (Q_k) в любом его сечении-створе могут определяться по одной из следующих зависимостей:

$$Q_k = q \cdot A_k, л/с \quad (6.28)$$

$$Q_k = \sum Q_{op}, л/с \quad (6.29)$$

где q – максимальный модуль дренажного стока, определяемый по водно-балансовой формуле (см. п. 5.3), $л/с \cdot га$;

A_k – площадь внутреннего водосбора коллектора, тяготеющая к расчетному створу (сечению), $га$;

Q_{op} – расчетный расход дрены, $л/с$;

$\sum Q_{op}$ – сумма расходов дрен, впадающих в коллектор выше по течению от расчетного створа (сечения), $л/с$.

Расчетный расход в устье дрены определяется по зависимости:

$$Q_{op} = q \cdot A_{op} = q \cdot B \cdot l \cdot 10^{-4}, л/с \quad (6.30)$$

где q – модуль дренажного стока (тот же, что и в ф-ле 6.28), $л/с \cdot га$;

A_{op} – площадь внутреннего водосбора дрены, $га$;

B , l – соответственно расстояние между дренами и длина дрены, $м$.

Расчетная скорость движения воды в трубах определяется на основе формулы (6.17) неразрывности потока:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, м/с \quad (6.31)$$

где d – диаметр трубы на расчетном участке, $м$;

Q – расчетный расход на соответствующем участке трубопровода, $м^3/с$.

Наименее трудоемким является графо-аналитический метод расчета закрытых коллекторов (см. пример расчета на рис. 6.4). Основная суть метода заключается в графическом определении длин участков коллектора с соответствующими диаметрами на основе использования данных по пропускной способности стандартных труб (Q). Пропускная способность труб определяется либо расчетным путем на основе вышеприведенных формулы, либо с использованием специальных таблиц [1] для гидравлического расчета.

Пример гидравлического расчета закрытого коллектора

Рассматривается закрытый коллектор **7-8Др** осушительной системы, изображенной на рис. 5.4. Схема планового расположения системы коллектора приводится на рис.6.4б.

Исходные данные: уклон проектного дна коллектора – $I=0,003$; трубы – дренажные керамические (коэффициент шероховатости труб: $n=0,017$ –см. прилож.4.1); площадь внутреннего водосбора коллектора $A_k=16,8\text{га}$ (измеряется на плане); максимальный модуль дренажного стока $q=0,0089\text{м/сут}=0,0089 \cdot 116=1,03\text{л/с} \cdot \text{га}$ (см. п.4.1.5).

Расчет производим графо-аналитическим методом. Для чего строим график (рис. 6.4а) прямолинейного изменения расходов по длине коллектора $Q=f(L_k)$. Для построения графика используем две характерные точки: это расходы в истоке (Q_u) и устье коллектора (Q_y).

а) определение расчетных расходов

- расход в устье коллектора (ф-ла 6.28)

$$Q_y = 1,03 \cdot 16,8 = 17,3 \text{ л/с};$$

- расход в истоке коллектора

$$Q_u = \sum Q_{op} = 0,43 + 0,54 = 0,97 \text{ л/с},$$

где расходы по формуле(6.30) впадающих в исток коллектора двух дрен (см. рис.6.4б):

$$Q_{op1} = 1,03 \cdot 35 \cdot 120 \cdot 10^{-4} = 0,43 \text{ л/с};$$

$$Q_{op2} = 1,03 \cdot 35 \cdot 150 \cdot 10^{-4} = 0,54 \text{ л/с}.$$

б) определение размеров участков коллектора с различными диаметрами труб

Задаемся стандартными диаметрами труб, начиная с минимального размера (в данном случае с $d=100\text{мм}$) и, используя формулы (6.25...6.27), определяем пропускную способность труб по формуле Шези (6.16).

Расчет при диаметре трубы $d=100\text{мм}$:

$$Q_{100} = 0,00785 \cdot 31,8 \cdot \sqrt{0,025 \cdot 0,003} = 0,0022 \text{ м}^3 / \text{с} = 2,2 \text{ л} / \text{с},$$

где:

- площадь живого сечения $\omega = \frac{3,14 \cdot 0,10^2}{4} = 0,00785 \text{ м}^2$;

- гидравлический радиус $R = 0,25 \cdot 0,10 = 0,025 \text{ м}$

- скоростной коэффициент Шези

$$C = \frac{1}{0,017} \cdot 0,025^{1/6} = 31,8 \text{ м}^{0,5} / \text{с}$$

По величине $Q_{100} = 2,2 \text{ л} / \text{с}$ графически находим проектные параметры концевой участка коллектора (рис.6.4а) : длина $l=40\text{м}$, диаметр $d=100\text{мм}$. Расчетная скорость движения воды на этом участке будет равна (ф-ла 6.31):

$$v = \frac{4 \cdot 0,0022}{3,14 \cdot 0,10^2} = 0,3 \text{ м} / \text{с}$$

Задаемся следующими диаметрами труб (в данном случае: $d=125...200\text{мм}$ – до выхода за пределы графика), и, выполняя аналогичные расчеты и графические действия при других диаметрах труб, получаем окончательный результат гидравлического расчета коллектора (см. рис.6.4а).

6.3 Вертикальное сопряжение осушительной сети

Ниже приводятся нормативы вертикальной увязки для основных характерных случаев, охватываемых практикой мелиорации переувлажненных земель. Графическая интерпретация вертикального сопряжения элементов осушительной сети изображена на рис. 6.5.

а) сопряжение гидравлически рассчитываемых каналов

Сопряжение называется **«горизонт в горизонт»**. Сопрягаются бытовые горизонты воды, рекомендуемый перепад между горизонтами воды

$$\delta_1 = 0,0 - 0,2 \text{ м.}$$

б) впадение гидравлически нерассчитываемого канала в гидравлически рассчитываемый

Сопряжение называется **«дно в горизонт»**. Сопрягается дно впадающего канала с бытовым горизонтом воды принимающего канала. Рекомендуемый перепад между дном и горизонтом воды $\delta_2 \geq 0,0 \text{ м.}$

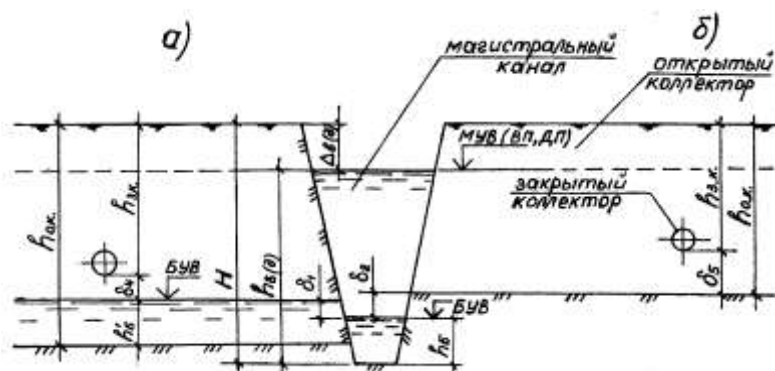


Рис. 6.5 Схема вертикального сопряжения к определению глубины проводящей осушительной сети:

а – при сопряжении гидравлически рассчитываемых каналов;
б – при впадении гидравлически нерассчитываемых открытых коллекторов в магистральный канал

в) сопряжение гидравлически нерассчитываемых каналов

Сопряжение называется «дно в дно». Сопрягается дно впадающего канала с дном принимающего канала. Минимальный допустимый перепад между вышеуказанными отметками $\delta_3 = 0,2 - 0,3 \text{ м}$ (большее значение относится к торфяникам).

г) сопряжение магистрального канала с водоприемником

Сопрягаются **бытовые горизонты** воды. Минимальный перепад между горизонтами воды рекомендуется принимать $\delta_4 = 0,10 - 0,15 \text{ м}$.

*д) сопряжение закрытого коллектора
с гидравлически рассчитываемым каналом*

Сопрягается **нижняя шельга трубы** (внутренняя кромка) **с бытовым горизонтом воды в канале**. Минимальный допустимый перепад между шельгой и горизонтом воды $\delta_4 = 0,2 - 0,3 \text{ м}$ (большее значение относится к торфяникам).

*е) сопряжение закрытого коллектора
с гидравлически нерассчитываемым каналом*

Сопрягается **нижняя шельга трубы с дном канала**. Минимальный допустимый перепад между шельгой и дном канала $\delta_5 = 0,4 \text{ м.}$

ё) сопряжение закрытых дрен с коллектором

Сопрягаются нижние шельги труб. Величина командования (перепада сопрягаемых уровней) зависит от конструкции сопряжения (внахлёстку или посредством фасонных частей). Наиболее распространено сопряжение по конструкции внахлёстку (см. рис. 6.4а), величина командования (δ_7) принимается ориентировочно равной диаметру трубы коллектора (d_k).

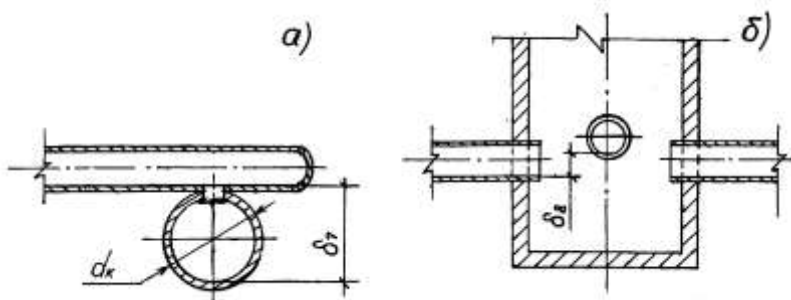


Рис. 6.6 Сопряжение закрытой осушительной сети

а – сопряжение закрытых дрен с коллектором «внахлестку»;
б – сопряжение закрытых коллекторов при помощи колодца

ж) сопряжение закрытых коллекторов

Сопряжение закрытых коллекторов (разных порядков) между собой производится внахлестку или при помощи фасонных частей - аналогично сопряжению дрен с коллекторами.

Широко применяется сопряжение посредством смотровых колодцев (см. рис. 6.6б):

- перепадных – при разнице в глубинах сопрягаемых коллекторов $\delta_g > 0,25-0,30 \text{ м}$;

- отстойных – при соизмеримых глубинах, но высокой вероятности заиливания труб. В этом случае должны выполняться условия: $\delta_g \geq 0,1 \text{ м}$ и $\delta_g \geq 0,8 d$, где d – максимальный диаметр трубы принимающего коллектора.

6.4 Определение глубины осушительной сети

Глубина осушительной сети определяется по последовательной цепочке «сверху-вниз» - от дренажа до водоприемника. Глубина увеличивается с каждой ступенью, как минимум, на величину командования(δ_i) впадающих элементов сети над принимающими. Схемы геометрической интерпретации расчёта приводятся на рис. 6.5 и 6.6.

6.4.1 Закрытые коллекторы

Глубина закрытого трубчатого коллектора определяется исходя из двух условий:

- на основе практических рекомендаций $h_{зк} = 1,4 - 1,6$ м (в среднем 1,5м);

- из условия вертикального сопряжения с дренами. При сопряжении по конструкции внахлестку глубина коллектора будет равна (см.рис. 6.5а):

$$h_{зк} = h_{др} + \delta_7, \text{ м} \quad (6.31)$$

где $h_{др}$ – расчётная глубина закрытого дренажа (см. п. 4.1.2);

$\delta_7 \approx d_k$ – диаметр трубы коллектора (при использовании гончарных дренажных труб в расчётах рекомендуется принимать $d_k = 0,15 - 0,25$ м).

Исходя из двух условий, окончательно принимается наибольшее значение.

6.4.2 Открытые коллекторы

Глубина гидравлически нерассчитываемого открытого коллектора определяется из условия вертикального сопряжения его с закрытыми коллекторами (см. рис. 6.5б):

$$h_{ок} = h_{зк} + \delta_5, \text{м} \quad (6.32)$$

где δ_5 – минимальный допустимый перепад (командование) между устьевой трубой и дном канала, м.

Глубина гидравлически рассчитываемого открытого коллектора определяется также, как и глубина магистрального канала (см. рис. 6.5а и п. 6.4.3).

6.4.3 Магистральный канал

Глубина магистрального канала определяется исходя из двух условий (см. рис. 6.5):

- из условия пропуска максимальных расчётных расходов воды:

$$H = h_{\epsilon} + \Delta_{\epsilon}, \text{м} \quad (\text{или } H = h_{nn} + \Delta_{nn}, \text{м}) \quad (6.33)$$

$$H = h_{\delta} + \Delta_{\delta}, \text{м} \quad (6.34)$$

где h_{ϵ} , h_{δ} , h_{nn} – расчётные глубины воды при пропуске соответствующих расходов: весеннего половодья, дождевых паводков, предпосевных расходов, м;

Δ_{nn} , Δ_{δ} , Δ_{ϵ} – запасы от бровок при пропуске соответствующих расходов (см. табл. 6.2), м;

- из условия вертикального сопряжения с впадающими в канал элементами осушительной сети (в рассматриваемом случае на рис.6.5 – с открытыми коллекторами):

а) с гидравлически рассчитываемыми коллекторами (рис.6.5 а)

$$H = h_{ок} + \delta_1 + (h_{\delta} - h'_{\delta}), \text{ м} \quad (6.35)$$

б) с гидравлически нерассчитываемыми коллекторами (рис.6.5 б)

$$H = h_{ок} + \delta_2 + h_{\delta}, \text{ м} \quad (6.36)$$

где $h_{ок}$ – расчётная глубина открытого коллектора в устьевой зоне, м;

δ_1, δ_2 – соответствующие перепады между сопрягающими отметками, м;

h_{δ}, h'_{δ} – расчётные глубины воды при пропуске бытовых расходов, м.

Величины δ_1, δ_2 рекомендуется принимать в пределах 0,1 – 0,2 м и лишь в крайних случаях равными нулю.

Из всех расчетных значений окончательно к проектированию принимается наибольшее значение глубины магистрального канала.

6.4.4 Пример расчета глубины осушительной сети

Расчет производим на основе исходных материалов рассмотренных выше примеров расчета по осушительной системе, изображенной на рис. . Геометрическая иллюстрация расчета показана на рис.6.5 и 6.6.

Закрытый коллектор 7-8Др

Глубину коллектора определяем исходя из двух условий:

- на основе практических рекомендаций $h_{зк} \geq 1,4 \dots 1,6 \text{ м}$;
- из условия вертикального сопряжения с дренами (по конструкции «внахлестку» -- см. рис. 6.6а):

$$h_{зк} = h_{др} + \delta_7 = 1,30 + 0,25 = 1,55 \text{ м}$$

где $h_{др}$ – расчётная глубина закрытого дренажа (см. п. 4.1.2);

$\delta_7 \approx d_k$ – диаметр трубы коллектора (см. рис. 6.4а).

Исходя из двух условий, окончательно принимаем $h_{зк} = 1,55 \text{ м}$.

Открытый коллектор 7-ГД

Глубина гидравлически нерассчитываемого открытого канала определяется из условия вертикального сопряжения его со впадающими в него закрытыми коллекторами (см. рис. 6.5б):

$$h_{ок} = h_{зк} + \delta_5 = 1,55 + 0,40 = 1,95 \text{ м}$$

где $\delta_5 = 0,40 \text{ м}$ – минимальная величина командования устьевой трубы коллектора над дном канала и дном канала, м.

Магистральный канал ГД

Глубину магистрального канала определяем исходя из двух условий:

а) из условия пропуска максимальных расчётных расходов воды (рис. 6.2, ф-лы 6.33 и 6.34): $H_1 = h_e + \Delta_e = 1,53 + 0,00 = 1,53 \text{ м}$

$$H_2 = h_o + \Delta_o = 1,44 + 0,30 = 1,74 \text{ м}$$

где h_e , h_o – расчётные глубины воды при пропуске расходов весеннего половодья и дождевых паводков (см. п. 6.2.2), м;

Δ_e , Δ_o – запасы от бровок канала при пропуске соответствующих расходов (см. табл. 6.2), м.

б) из условия вертикального сопряжения с впадающими в канал элементами осушительной сети (в рассматриваемом случае – с открытыми гидравлически нерассчитываемыми коллекторами - ф-ла 6.36, рис. 6.5б):

$$H_3 = h_{ок} + \delta_2 + h_o = 1,95 + 0,10 + 0,38 = 2,43 \text{ м}$$

где $h_{ок}$ – глубина открытого коллектора (определена выше), м;

$\delta_2 = 0,10 - 0,20 \text{ м}$ – перепад между сопрягающими отметками дна и бытового уровня воды (рис. 6.5б);

$h_o = 0,38 \text{ м}$ – глубина воды при пропуске бытовых расходов (см. п. 6.2.2).

Вывод: из всех расчетных значений (H_1 , H_2 и H_3) окончательно принимаем наибольшее значение глубины $H = 2,40 \text{ м}$, которая будет составлять минимально достаточную глубину магистрального канала.

7 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

7.1 Характерные воздействия мелиоративной системы

Строительство мелиоративной системы и ее функционирование в последующем может вызывать ряд изменений в природной среде, как на самом объекте, так и на прилегающих ландшафтах.

В проектах гидромелиорации с/х земель производится качественная и количественная оценка следующих основных изменений и воздействий, могущих приводить к негативным последствиям экологического характера:

- изменение природного ландшафта местности в целом;
- снижение уровня грунтовых вод на прилегающей территории вследствие осушения земель, что может изменить водно-воздушный режим почв (снижение влажности зоны аэрации) и привести к нарушению флоры и фауны на прилегающих территориях;
- нарушение «зеленого баланса» и вытеснение фауны вследствие сведения древесно-кустарниковой растительности при строительстве мелиоративной системы;
- нарушение почвенного покрова вследствие производства больших объемов земляных мелиоративно-строительных и культуртехнических работ;
- увеличение эрозии почв вследствие проведения агро-мелиоративных мероприятий;

– осадка и сработка торфа при его интенсивном с/х использовании и повышение пожароопасности на осушаемых торфяниках;

– загрязнение воды водоемов и рек-водоприемников продуктами химической обработки полей (минеральные удобрения, гербициды, пестициды) вследствие сброса дренажных вод;

- истощение водных ресурсов природных водоисточников (снижение расходов и уровней воды) вследствие отбора воды на увлажнительные мероприятия.

7.2 Воздействие на гидрогеологический режим территории

7.2.1 Установление зон влияния мелиоративной системы

В составе проектов мелиорации земель, при разработке раздела «ОВОС и охрана природы», выделяются пять зон влияния мелиоративной системы [9], (см. рис.7.1):

I – внутренняя техногенная (в контурах мелиоративной системы);

II – внутренняя природная, охватывающая в основном немелиорируемые участки в контурах мелиоративной системы;

III - непосредственно прилегающая зона влияния;

IV - отдаленная зона влияния;

V - зона воздушного пространства в контурах всех зон.

В основу деления территории на характерные зоны положены следующие природные условия и факторы:

- уровень грунтовых вод;

- рельеф объекта мелиорации и прилегающей территории;

- механический состав и водно-физические свойства почвогрунтов;

- высота капиллярного поднятия;

- главное направление потока грунтовых вод и пр..

В каждой зоне влияния, в зависимости от вида и степени воздействия, назначаются соответствующие природоохранные мероприятия.

При определении границ зон влияния учитываются следующие требования и нормативные положения:

- зона *I* - включает все элементы мелиоративной системы и мелиорируемые земли;

- зона *II* - включает земли, имеющие высотное положение выше средних отметок мелиорируемой площади на величину $\geq 1,0$ м и внешнюю форму в виде холмов или гряд;

- зона *III* - включает прилегающие земли, на которых возможны существенные изменения водного режима корнеобитаемого слоя. Внутренняя граница зоны *III* совпадает с границей мелиорации (осушения), а внешняя граница представляет собой линию, где капиллярная кайма отрывается от среднегодовой депрессионной поверхности;

- зона *IV* – представляет собой часть прилегающей территории, где имеет место затухающее воздействие на режим глубины грунтовых вод (внутренняя граница зоны *IV* является внешней границей зоны *III*). Внешней границей зоны *IV* является

линия, где капиллярная кайма превышает среднегодовую депрессионную поверхность на величину $0,1 \cdot h_k$.

- граница зоны V совпадает с внешней границей зоны IV (воздушная среда всех зон).

В условиях, отличающихся от стандартных, количество зон влияния может быть сокращено, например:

- при отсутствии всхолмлений внутри мелиорируемой площади и условий для создания природоохранных «островков природы» - зона II может отсутствовать;

- зона III может не выделяться при крутом подъеме поверхности земли у верхней границы мелиорации (при отрыве грунтовых вод на величину более 2-3м от поверхности) и пр. .

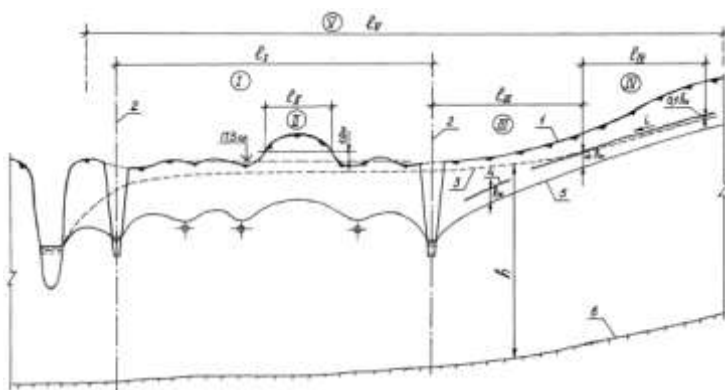


Рис. 7.1 Схема к установлению размеров зон влияния осушительной системы

- 1 – поверхность земли; 2 – границы мелиорации; 3 – среднегодовое положение депрессионной кривой до мелиорации;
 4 – капиллярная кайма; 5 – расчетное положение депрессионной кривой после мелиорации; 6 – водоупор

7.2.2 Определение размеров зон влияния мелиоративной системы

Размеры внутренних зон влияния *I* и *II* определяются посредством картометрических измерений на основе плана мелиоративной системы и материалов топографической съемки.

Размеры зон влияния *III* и *IV* по главному направлению потока грунтовых вод определяются расчетом по соотв. формулам (7.1, 7.4).

Протяженность непосредственно прилегающей зоны *III* рекомендуется определять по формуле К.Г. Асатура:

$$l_{III} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot h \cdot t}{\mu}}, \text{ м} \quad (7.1)$$

где K , h – средние соответственно коэффициент фильтрации (м/сут) и мощность водоносного горизонта, (м) ;

t – время с начала осушения (от весеннего половодья до очередного подъема УГВ), сут. Для условий Нечерноземной зоны РФ: $t = 130 - 170 \text{ сут}$ (по рекомендации автора – в среднем $t = 150 \text{ сут}$);

μ - коэффициент гравитационной водоотдачи грунта в пределах полосы колебания УГВ. При отсутствии опытных данных, его можно определять по формуле Г.Д. Эркина (для минеральных грунтов):

$$\mu = 0,056 \cdot K^{1/2} \cdot (\Delta H)^{1/3} \quad (7.2)$$

где средняя величина снижения УГВ в пределах зоны III:

$$\Delta H = (0,7 - 0,8) \cdot \Delta H_0, \text{ м} \quad (7.3)$$

ΔH_0 - снижение УГВ на границе мелиорации, м.

Протяженность отдаленной зоны влияния IV определяется по формуле [9]:

$$l_{IV} = (\alpha - 1) \cdot \frac{h_k}{i}, \text{ м} \quad (7.4)$$

где i – средний уклон депрессионной кривой в пределах зоны IV;

h_k – высота капиллярной каймы (м), которую, при отсутствии материалов исследований, можно принимать по данным таблицы 7.1;

α - коэффициент, определяющий эффективную высоту капиллярной каймы(табл.8.1).

Таблица 7.1 - Капиллярные характеристики грунтов

Наименование грунтов	h_k , м	α
Глина	2,0-3,0	0,6-0,7
Суглинок	1,3-2,0	0,8-0,9
Супесь	1,0-1,2	1,2-1,3
Песок	0,2-0,5	1,0-1,1
Торф низинных болот	0,6-1,0	-

7.2.3 Расчет снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории

Расчет производится для компонентов ландшафта как природных, так и техногенных, расположенных в пределах непосредственно прилегающей (III) и отдаленной (IV) зон влияния мелиоративной системы.

Основными объектами расчета являются:

- природные ландшафты таксонометрического ранга на уровне урочищ (подурочищ) и фаций: рощи, участки леса, луга, кустарниковые угодья и пр.;
- техногенные компоненты ландшафта, связанные в основном с хозяйственными объектами инфраструктуры населенных пунктов: колодцы, водозаборные скважины, пруды-копани, наполняемые грунтовыми водами и пр..

Вышеуказанные природные компоненты ландшафтов исследуются в основном на воздействия, связанные с изменением водного режима зоны аэрации из-за спада УГВ, а техногенные – на ухудшение параметров их функционирования (снижения уровней воды, дебита колодцев, биопродуктивности выгонов для домашнего скота и пр.).

По величине спада УГВ дается оценка степени воздействия и формируется основа для проработки соответствующих природоохранных мероприятий.

Для ориентировочных прогнозных расчетов кривой спада УГВ используется формула С.Ф. Аверьянова:

$$\Delta H = \Delta H_0 \cdot \operatorname{erfc}(z), м \quad (7.5)$$

где ΔH - понижение уровня на расстоянии (x) от границы мелиорации, $м$;

ΔH_0 - понижение уровня на границе мелиорации, $м$;

$\operatorname{erfc}(z)$ - спец. функция (табл.8.2), аргумент которой определяется по формуле:

$$z = \frac{x}{2\sqrt{A \cdot t}} \quad (7.6)$$

x - расстояние от расчетной точки до границы мелиорации, $м$;

A – уровнепроводность водоносного горизонта, определяемая по формуле:

$$A = \frac{K \cdot h}{\mu}, м^2 / сут \quad (7.7)$$

где K , μ , h - соответственно коэффициент фильтрации, коэффициент водоотдачи и мощность водоносного горизонта (см. п. 7.2.2, где в формуле Г.Д. Эркина: $\Delta H \approx 0,6 \cdot \Delta H_0, м$);

t - время от начала осушения (время формирования депрессионной кривой, практика мелиорации [9] указывает на период до 2-3лет и более), $сут$;

ΔH_0 - понижение УГВ на границе мелиорации (зависит от проектных данных осушительной сети), $м$.

При наличии на границе мелиорации ловчих или нагорно-ловчих каналов:

$$\Delta H_0 = H - h_B - \Delta, \text{ м} \quad (7.8)$$

где H – строительная глубина канала, м;

h_B - расчетная глубина воды при пропуске бытовых расходов, м;

Δ - глубина среднегодовой депрессионной поверхности на границе мелиорации, м.

При отсутствии осушительной сети с ловчими функциями, величина ΔH_0 принимается в пределах средней (расчетной) глубины регулирующей сети.

Таблица 7.2 - Значения функции $erfc(z)$

z	$erfc(z)$	z	$erfc(z)$
0,0	1,0	0,47	0,5062
0,01	0,9887	0,49	0,4883
0,05	0,9436	0,52	0,4621
0,10	0,8875	0,56	0,4284
0,15	0,8320	0,60	0,3961
0,17	0,8100	0,64	0,3654
0,19	0,7882	0,68	0,3362
0,21	0,7665	0,72	0,3086
0,23	0,7450	0,76	0,2825
0,25	0,7237	0,80	0,2579
0,27	0,7026	0,84	0,2349
0,29	0,6817	0,88	0,2133
0,31	0,6611	0,92	0,1932
0,33	0,6407	0,96	0,1746
0,35	0,6206	1,0	0,1573
0,37	0,6008	1,2	0,0897
0,39	0,5813	1,4	0,0477
0,41	0,5620	1,2	0,0237
0,43	0,5431	1,8	0,0109
0,45	0,5245	1,9	0,0072
0,46	0,5153	2,0	0,0047

7.2.4 Пример расчета по прогнозу снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории

Для мелиоративной системы с условиями, изображенными на рис. 7.2, требуется определить:

- размеры непосредственно прилегающей (l_{III}) и отдаленной (l_{IV}) зон влияния;
- снижение уровня грунтовых вод на прилегающей территории.

Расчет

а) протяженность непосредственно прилегающей зоны влияния III

Величина снижения грунтовых вод на границе мелиорации будет равна (ф-ла 7.8):

$$\Delta H_0 = 2,40 - 0,50 - 0,20 = 1,70 м$$

Принимаем среднюю величину снижения УГВ в пределах зоны III:

$$\Delta H = (0,7 - 0,8) \cdot \Delta H_0 = 0,75 \cdot 1,70 = 1,28 м$$

По формуле (7.2) определяем коэффициент гравитационной водоотдачи:

$$\mu = 0,056 \cdot 2,50^{\frac{1}{2}} \cdot 1,28^{\frac{1}{3}} = 0,096$$

По формуле (7.1) получаем величину протяженности непосредственно прилегающей зоны влияния:

$$l_{III} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,50 \cdot 21,0 \cdot 150}{0,096}} = 616,6 м \text{ (620 м)}$$

где $t=150$ сут (принято по условиям применения формулы);

$K=2,50$ м/сут, $h=15,5$ м – средние коэффициент фильтрации и мощность водоносного горизонта в пределах зоны III (см. рис.7.2).

б) протяженность отдаленной зоны влияния IV

Размер отдаленной зоны влияния будет равен (ф-ла 7.4):

$$l_{IV} = (1,10 - 0,10) \cdot \frac{0,50}{0,0008} = 625,0 \text{ м} \quad (630,0 \text{ м})$$

где $\alpha=1,10$, $h_k=0,50$ м – для песчаного грунта (табл.7.1).

в) снижение УГВ на прилегающей территории (с учетом времени стабилизации потока грунтовых вод $t=2-3$ года)

В качестве примера расчет производим для характерной точки (6) – на границе опушки леса (на расстоянии $x_6=800$ м).

Принимаем время стабилизации потока грунтовых вод $t=3$ года= 1095 сут.

Средний коэффициент водоотдачи (ф-ла 7.2):

$$\mu = 0,056 \cdot 2,50^{1/2} \cdot 1,02^{1/3} = 0,090$$

где $\Delta H = 0,6 \cdot \Delta H_0 = 0,6 \cdot 1,70 = 1,02$ м

Величина уровнеспроводности водоносного горизонта составит (ф-ла 7.7):

$$A = \frac{2,50 \cdot 15,5}{0,090} = 430,6 \text{ м}^2 / \text{сут}$$

Аргумент расчетной функции будет равен (ф-ла 7.6):

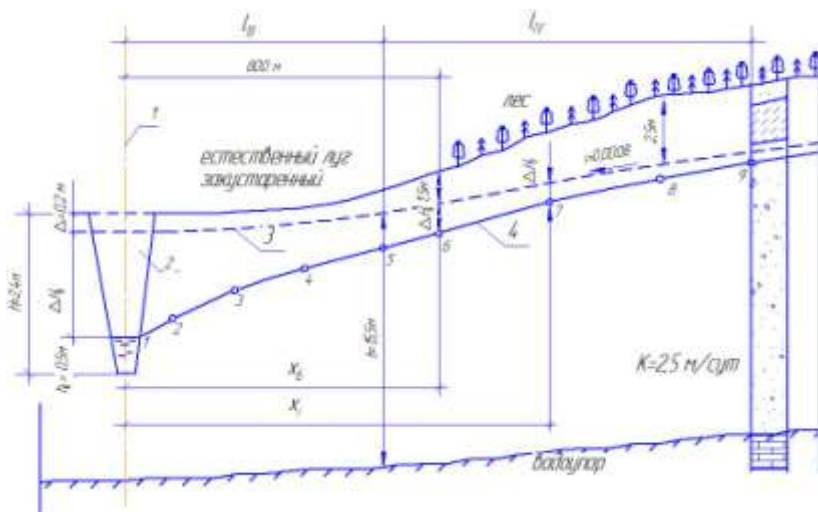


Рис. 7.2 Схема к расчету понижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории

- 1 – граница мелиорации; 2 – нагорно-ловчий канал;
3 – среднегодовое положение депрессионной кривой до мелиорации; 4 – расчетное положение депрессионной кривой после мелиорации

$$z = \frac{800}{2\sqrt{430,6 \cdot 1095}} = 0,58$$

По таблице 7.2 находим $erfc(z) = 0,4122$

Величина снижения уровня грунтовых вод в точке «6» на расстоянии $x_6=800\text{м}$ составит (ф-ла 7.5):

$$\Delta H = 1,70 \cdot 0,4122 = 0,70\text{м}$$

Для остальных точек прилегающей территории (рис. 7.2) расчет аналогичен, произведен в табличной форме и представлен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Результаты расчета снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории

№ расч. точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Характерные расч. точки (по границам компонентов ландшафта)	граница мелиорации	луг	луг	луг	луг, внешняя гр. зоны влияния III	опушка леса	лес	лес	лес, внешняя гр. зоны влияния IV
$x, м$	0	50	150	350	620	800	950	1100	1250
z	0,000	0,036	0,11	0,25	0,45	0,58	0,69	0,80	0,91
$erfc(z)$	1,0000	0,9801	0,8764	0,7257	0,5245	0,4122	0,3293	0,2579	0,1982
$\Delta H, м$	1,70	1,63	1,49	1,23	0,89	0,70	0,56	0,44	0,33
Снижение грунтовых вод по компонентам ландшафта	естественный закустаренный луг 0,89-1,70м (в среднем 1,30м)					лес 0,33-0,70м (в среднем 0,50м)			

Выводы:

1. Результаты расчета указывают на возможные существенные изменения (ухудшение) водного режима зоны аэрации прилегающих ландшафтных угодий: закустаренный луг ($\Delta H = 1,30м$) и лесной массив ($\Delta H = 0,50м$).

2. Необходима проектная проработка инженерных мероприятий по снижению или предотвращению воздействия на режим глубины грунтовых вод прилегающей территории.

7.3 Оценка качества стока мелиоративной системы

7.3.1 Основы расчетного метода

В основе расчетного метода по оценке концентрации выносимых веществ в различных видах стока используется такой показатель, как масса выноса (M , кг/га) загрязнителя за определенный период времени (T , сут).

По установленной массе выноса определяется такой показатель, как интенсивность (модуль) выноса массы соответствующего ингредиента:

$$n = \frac{M}{0,0864 \cdot T}, \text{ мг / с} \cdot \text{га} \quad (7.9)$$

В этом случае концентрация ингредиента в соответствующем виде стока (дренажном или поверхностном) с исследуемой территории будет равна:

$$C = \frac{n}{q}, \text{ мг / л} \quad (7.10)$$

где q – модуль соответствующего стока, л/с·га.

При использовании в расчетах гидрологических характеристик: по расходу (Q , л/с), слою стока (h , мм) и объему стока (W , м³), расчетная формула (7.10) будет иметь соответствующие виды:

$$C = \frac{n \cdot A}{Q}, \text{ мг / л} \quad (7.11)$$

$$C = \frac{8,64 \cdot n \cdot T}{h}, \text{мг / л} \quad (7.12)$$

$$C = \frac{86,4 \cdot n \cdot T}{W}, \text{мг / л} \quad (7.13)$$

где A – площадь расчетного участка, га;

T – продолжительность расчетного периода, сут.

При использовании в основе расчета среднегодовых данных по интенсивности выноса веществ стоком (n_{cp}), степень водности расчетного периода (% обеспеченности) учитывается посредством умножения на соответствующие коэффициенты (Φ):

$$n_{p\%} = n_{cp} \cdot \Phi_{p\%}, \text{мг / л} \quad (7.14)$$

где $\Phi_{p\%}$ – модульный коэффициент перехода [4] от среднегодовой величины к величине расчетной обеспеченности (табл. 7.4).

Таблица 7.4 - Модульные коэффициенты ($\Phi_{p\%}$) перехода от среднегодовых параметров выноса веществ к параметрам периода расчетной обеспеченности.

P, %	5	10	20	50	75	90	95
I. Весеннее половодье							
Φ	1,94	1,67	1,38	0,92	0,63	0,44	0,34
II. Летне-осенние дождевые паводки							
Φ	2,15	1,81	1,44	0,86	0,56	0,35	0,25
III. Меженный сток							
Φ	1,74	1,53	1,31	0,95	0,71	0,53	0,45

7.3.2 Определение концентрации веществ в дренажном стоке

При оценке концентрации веществ в дренажном стоке применяются следующие методы определения концентрации веществ в дренажном стоке:

1. При выполнении ориентировочных расчетов:

а) использование практических рекомендаций (обобщенных данных) различных научно-исследовательских институтов и организаций (например, обобщенные данные натурных многолетних исследований ВНИИГиМ, БелНИИМ и ВХ, СевНИИГиМ, Валдайского филиала ГГИ и др., приведенные в прилож. 5);

б) использование данных химических анализов грунтовых вод объекта до мелиорации. Этот метод применяется для определения концентрации минеральных ингредиентов посредством использования переходных коэффициентов (табл. 4.2) по зависимости:

$$C_{\partial p} = K_{\Pi\Gamma} \cdot C_{ГВ}, \text{ мг / л} \quad (7.15)$$

где $C_{ГВ}$ – концентрация соотв. вещества в грунтовых водах до мелиорации (природно-фоновая), мг/л.

2. При повышенных требованиях к объекту:

а) использование расчетных методов;

б) использование смешанного метода, когда по основным

биогенным загрязнителям (N , P , K) концентрации определяются расчетом (см. п.7.4), а по остальным (минеральным) ингредиентам – устанавливаются по практическим рекомендациям (прилож.5) или на основе переходных коэффициентов (см. табл. 7.5).

Таблица 7.5 - Переходные коэффициенты от ионного состава гр. вод к ионному составу коллекторно-дренажного стока (по данным натурных наблюдений на мелиоративных системах [4])

Наименование иона	Концентрация в гр. водах, мг/л	Коэффициенты ($K_{пр}$)		Примечание
		закрытая сеть	открытая сеть	
Ca^{2+}	10	1,5	1,0	
	100	1,4	0,8	
	200	1,3	0,7	
Na^+	до 120	1,5	0,7	
Mg^{2+}	до 70	1,5	1,0	
SO_4^{2-}	до 100	1,0	0,8	
Cl^-	до 100	1,3	1,0	
$Fe_{общ}$	до 4,0	4,0	1,5	для торф.грунтов для минер. грунтов
	« 4,0	2,0	1,3	
Сумма ионов	до 500	1,3	0,9	
	до 1500	1,2		

Примечание. Переходные коэффициенты от $Fe_{общ}$ к Fe^{3+} и Fe^{2+} равны соответственно 0,7 и 0,3.

7.3.3 Определение концентрации веществ в поверхностном стоке мелиоративной системы

Для установления концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке мелиоративной системы используются в основном следующие методы:

1. Определение концентраций посредством расчета с использованием для определенных условий соответствующих расчетных формул. Рекомендуемые формулы по основным биогенным загрязнителям приводятся в п.7.5.

2. Установление концентраций по всем расчетным ингредиентам в зависимости от их концентраций в дренажных водах на основе переходных коэффициентов ($K_{пер}$) по зависимости:

$$C_{ПС} = K_{ПЕР} \cdot C_{ДР}, \text{мг / л} , \quad (7.16)$$

где $C_{ор}$ – концентрация ингредиента в дренажном стоке соответствующего расчетного периода, мг/л.

Обобщенные средние значения переходных коэффициентов для основных расчетных ингредиентов мелиоративных систем приводятся в табл. 7.6.

Таблица 7.6 - Переходные коэффициенты ($K_{ПЕР}$) - от концентраций веществ в дренажных к концентрациям в поверхностных водах

Ингредиенты	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	NO_2^-	P_m	$\text{F}_{\text{общ}}$	Общая минерализация
$K_{пер}$	0,30	0,20	0,35	1,20	1,20	0,35	0,40	0,60	0,20	0,25	1,50	0,50	0,65

7.3.4 Примеры расчета по оценке качества стока мелиоративной системы

Исходные данные:

1. Расчетный участок – часть площади мелиоративной системы, осушаемая закрытым дренажом и используемая под пашню (см. рис 5.4).

2. Расчетные ингредиенты:

NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Na^+	NO_3^-	P_M	$\text{F}_\text{общ}$	Общая минерализация
-----------------	--------------	------------------	---------------	-----------------	---------------------	-----------------------	---------------------

3. Расчетные периоды стока – летне-осенний дождевой паводок 10% обеспеченности и летняя межень 50% обеспеченности.

Дренажный сток

а) определение концентрации веществ в дренажном стоке по основным биогенным ингредиентам

Среднегодовые модули выноса соответствующих веществ дренажным стоком будут равны (ф-ла 7.9):

$$n_{\text{NO}_3} = \frac{40,6}{0,0864 \cdot 275} = 1,708 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_{\text{NH}_4} = \frac{1,00}{0,0864 \cdot 275} = 0,042 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_p = \frac{0,48}{0,0864 \cdot 275} = 0,020 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_K = \frac{8,60}{0,0864 \cdot 275} = 0,362 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

где годовые массы выноса веществ (M , кг/га) взяты из примера расчета в п. 7.4.2, а продолжительность расчетного периода $T=365-90=275$ сут (исключен зимний период).

Модули выноса соответствующих ингредиентов для соответствующих расчетных периодов будут составлять (ф-ла 7.14):

а) летне-осенних дождевых паводков в год 10% обеспеченности

$$n_{\text{NO}_3} = 1,81 \cdot 1,708 = 3,091 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_{\text{NH}_4} = 1,81 \cdot 0,042 = 0,076 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_p = 1,81 \cdot 0,020 = 0,036 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_K = 1,81 \cdot 0,362 = 0,655 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

б) период летне-осенней межени 50% обеспеченности

$$n_{\text{NO}_3} = 0,95 \cdot 1,708 = 1,623 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_{\text{NH}_4} = 0,95 \cdot 0,042 = 0,040 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_p = 0,95 \cdot 0,020 = 0,019 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_K = 0,95 \cdot 0,362 = 0,344 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

где $\Phi_{p=10\%}=1,81$, $\Phi_{p=50\%}=0,95$ – модульные коэффициенты перехода от среднегодовой величины к величине расчетной обеспеченности (табл. 7.4).

Концентрации этих ингредиентов в соответствующих видах стока будут равны (ф-ла 7.10):

а) летне-осеннего дождевого паводка 10% обеспеченности

$$C_{NO_3} = \frac{3,091}{0,70} = 4,42 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4} = \frac{0,076}{0,70} = 0,11 \text{ мг/л}$$

$$C_{P_M} = \frac{0,036}{0,70} = 0,05 \text{ мг/л}$$

$$C_K = \frac{0,655}{0,70} = 0,94 \text{ мг/л}$$

б) период летне-осенней межени 50% обеспеченности

$$C_{NO_3} = \frac{1,623}{0,295} = 5,50 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4} = \frac{0,040}{0,295} = 0,14 \text{ мг/л}$$

$$C_{P_M} = \frac{0,019}{0,295} = 0,06 \text{ мг/л}$$

$$C_K = \frac{0,344}{0,295} = 1,17 \text{ мг/л}$$

где соответствующие расчетные модули дренажного стока установлены по методике, приведенной в прилож. 3, а именно:

$$q_{10\%} = 0,95 \cdot 1,19 \cdot 1,0 \cdot 0,62 = 0,70 \text{ л/с} \cdot \text{га},$$

$$q_{50\%} = 0,40 \cdot 1,19 \cdot 1,0 \cdot 0,62 = 0,295 \text{ л/с} \cdot \text{га}$$

б) определение концентрации веществ в дренажном стоке по остальным минеральным ингредиентам

Исходные концентрации устанавливаем на основе практических рекомендаций (прилож. 5.) по летнему сезону:

$$C_{Mg^{2+}} = 25,0 \text{ мг/л}, \quad C_{Na^+} = 34,0 \text{ мг/л},$$

$$C_{F_{\text{общ}}} = 1,2 \text{ мг/л}, \quad C_{\text{общ}} = 570 \text{ мг/л}$$

Обобщенные данные многолетних наблюдений рассцениваем как ср. многолетние данные - близкие к году обеспеченно-

сти $p \approx 50\%$, т.е. можно принять: $q_{\text{ср.мн}} = q_{50\%} = 0,295 \text{ л/с} \cdot \text{га}$.

Вначале определяем среднегодовые модули выноса соответствующих веществ по летнему сезону (из ф-лы 7.10):

$$n_i = c_i \cdot q_{50\%}, \text{ мг/л} \cdot \text{га}$$

$$n_{\text{Mg}^{2+}} = 25,0 \cdot 0,295 = 7,38 \text{ мг/с} \cdot \text{га},$$

$$n_{\text{Na}^+} = 34,0 \cdot 0,295 = 10,0 \text{ мг/с} \cdot \text{га},$$

$$n_{\text{F}_{\text{общ}}} = 1,2 \cdot 0,295 = 0,354 \text{ мг/с} \cdot \text{га},$$

$$n_{\text{ОБЩ}} = 570 \cdot 0,295 = 168,2 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

Искомые концентрации соответствующих ингредиентов в дренажном стоке будут равны:

- в период дождевого летне-осеннего паводка 10% обеспеченности

(по формуле: $c_i = \frac{n_i \cdot \Phi_{p\%}}{q_{p\%}}$, полученной на основе формул 7.10 и 7.14):

$$C_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{7,39 \cdot 1,81}{0,70} = 19,1 \text{ мг/л},$$

$$C_{\text{Na}^+} = \frac{10,0 \cdot 1,81}{0,70} = 25,9 \text{ мг/л}, \quad C_{\text{F}_{\text{общ}}} = \frac{0,354 \cdot 1,81}{0,70} = 0,92 \text{ мг/л},$$

$$C_{\text{ОБЩ}} = \frac{168,2 \cdot 1,81}{0,70} = 304,4 \text{ мг/л}$$

- в период летней межени

$$C_{Mg^{2+}} = \frac{7,38 \cdot 0,95}{0,295} = 23,8 \text{ мг / л},$$

$$C_{Na^+} = \frac{10,0 \cdot 0,95}{0,295} = 32,2 \text{ мг / л},$$

$$C_{F_{\text{общ}}} = \frac{0,354 \cdot 0,95}{0,295} = 1,14 \text{ мг / л},$$

$$C_{\text{общ}} = \frac{168,2 \cdot 0,95}{0,295} = 541,7 \text{ мг / л}$$

где $\Phi_{10\%}=1,81$, $\Phi_{50\%}=0,95$ – модульные коэффициенты перехода (табл.7.4).

Результаты расчета заносим в таблицу 7.7.

Поверхностный сток

а) определение концентрации веществ в поверхностном стоке по основным биогенным ингредиентам

Расчет производим для дождевого паводкового периода, так как в меженный период поверхностный сток обычно отсутствует.

Вначале определяем среднегодовые модули выноса соответствующих веществ поверхностным стоком (ф-ла 7.9):

$$n_{NO_3} = \frac{38,79}{0,0864 \cdot 75} = 5,986 \text{ мг / с} \cdot \text{га}$$

$$n_{NH_4} = \frac{0,96}{0,0864 \cdot 75} = 0,148 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_P = \frac{5,69}{0,0864 \cdot 75} = 0,878 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_K = \frac{5,28}{0,0864 \cdot 75} = 0,815 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

где годовые массы выноса (M , кг/га) взяты из примера расчета в п. 7.5.2, а продолжительность расчетного периода принята $T=75\text{сут}$ (общая продолжительность паводковых периодов стока).

Модули выноса соответствующих ингредиентов для периода дождевого паводка 10% обеспеченности будут составлять (ф-ла 7.14):

$$n_{NO_3} = 1,81 \cdot 5,986 = 10,835 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_{NH_4} = 1,81 \cdot 0,148 = 0,268 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_P = 1,81 \cdot 0,878 = 1,589 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

$$n_K = 1,81 \cdot 0,815 = 1,475 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

где $\Phi_{p=10\%}=1,81$ – модульный коэффициент перехода (см. табл. 7.4).

Концентрации этих ингредиентов в поверхностном стоке дождевого паводкового периода 10% обеспеченности будут равны (ф-ла 7.10):

$$C_{NO_3} = \frac{10,835}{0,89} = 12,2 \text{ мг/л}$$

$$C_{NH_4} = \frac{0,268}{0,89} = 0,30 \text{ мг / л}$$

$$C_{P_M} = \frac{1,589}{0,89} = 1,78 \text{ мг / л} \quad C_K = \frac{1,475}{0,89} = 1,66 \text{ мг / л}$$

где модуль поверхностного стока определен методом вычленения подземного из общего стока (расчетные параметры взяты из примера гидрологического расчета – см. п. 6.1), а именно:

$$q_{П.10\%} = (0,6...0,7) \cdot \frac{Q}{A} - q_{ДП10\%} = 0,7 \cdot \frac{4960}{2180} - 0,70 = 0,89 \text{ л / с} \cdot \text{га}$$

б) определение концентрации веществ в поверхностном стоке по остальным минеральным ингредиентам

Для установления концентрации остальных расчетных ингредиентов в поверхностном стоке используем методику переходных коэффициентов (см. табл.4.3) в зависимости от показателей дренажного стока (по ф-ле 4.8 – $C_{нов} = C_{др} \cdot K_{пер}$):

$$C_{Mg^{2+}} = 19,1 \cdot 0,20 = 3,82 \text{ мг / л},$$

$$C_{Na^+} = 25,9 \cdot 0,35 = 9,07 \text{ мг / л},$$

$$C_{F_{общ}} = 0,92 \cdot 0,50 = 0,46 \text{ мг / л},$$

$$C_{ОБЩ} = 304,4 \cdot 0,65 = 197,9 \text{ мг / л}$$

Результаты расчета заносим в таблицу 7.7.

7.3.2 Пример расчета концентрации веществ в общем стоке мелиоративной системы

Расчет производим для замыкающего створа магистрального канала *ГД* (устьевой створ №1, см. рис.6.1).

Площадь водосбора мелиоративной системы разделяем на три характерных расчетных участка: пашня, сенокосы и площадь внешнего водосбора. Результаты оценки качества стока по всем характерным площадям, видам стога и расчетным ингредиентам приводятся в таблице 7.7.

Таблица 7.7 - Исходные концентрации веществ в воде стока мелиоративной системы, мг/л

Виды стока и их показатели		Расчетные ингредиенты							Общая минера- лизация
		NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Na^+	NO_3^-	$\text{P}_\text{м}$	$\text{F}_\text{общ}$	
<i>1. Период дождевых паводков 10% обеспеченности</i>									
Пашня $A_1 = A_2 = 306 \text{ га}$	дренажный сток $q_1 = 0,70 \text{ л/с} \cdot \text{га}$	0,11	0,94	19,1	25,9	4,42	0,05	0,92	304,4
	поверхностн. сток $q_2 = 0,89 \text{ л/с} \cdot \text{га}$	0,30	1,66	3,82	9,07	12,2	1,78	0,46	197,9
Сенокосы $A_3 = A_4 = 170 \text{ га}$	дренажный сток $q_3 = 0,86 \text{ л/с} \cdot \text{га}$	0,09	0,73	16,7	22,4	3,96	0,04	0,71	259,0
	поверхностн. сток $q_4 = 0,73 \text{ л/с} \cdot \text{га}$	0,22	1,45	3,15	7,63	10,8	1,44	0,39	174,0
Внешнего водосбора $A_5 = A_6 = 1074 \text{ га}$	подземный сток $q_5 = 0,07 \text{ л/с} \cdot \text{га}$	0,02	2,20	19,0	14,0	11,0	0,10	0,50	420,0
	поверхностн. сток $q_6 = 1,52 \text{ л/с} \cdot \text{га}$	0,04	6,50	4,50	7,30	10,1	0,08	0,12	350,0

II. Период летней межени 50% обеспеченности									
Пашня $A_I=306га$	дренажный сток $q_n=0,295$ $л/с·га$	0,14	1,17	23,8	32,2	5,50	0,06	1,14	541,7
Сенокосы $A_c=170га$	дренажный сток $q_c=0,425$ $л/с·га$	0,12	0,95	17,6	20,9	4,90	0,04	0,89	180,4
Внешнего водосбора $A_{вн}=1074га$	подземный сток $q_{вн}=0,03 л/с·га$	0,03	2,90	26,0	18,0	16,3	0,15	0,64	510,0

Примечания. 1. Модули поверхностного стока установлены методом расчленения гидрографа дождевого паводка, т.е.
 $Q_{ПОВ} = Q_{ОБЩ} - Q_{ДР(ГР)}, л/с.$

2. Концентрации веществ в стоке с внешнего водосбора приняты по данным предпроектных изысканий.

Расчет по периоду дождевого паводка

По каждой характерной площади выделяем два вида стока, а именно:

а) пашня:

- дренажный сток ($A_I=306га, q_I=0,70л/с·га$);
- поверхностный сток ($A_2=306га, q_2=0,89л/с·га$).

б) сенокосы:

- дренажный сток ($A_3=170га, q_3=0,86л/с·га$);
- поверхностный сток ($A_4=170га, q_4=0,73л/с·га$).

в) территория внешнего водосбора:

- дренажный сток ($A_5=1704га, q_5=0,07л/с·га$);
- поверхностный сток ($A_6=1704га, q_6=1,52л/с·га$).

Расчетная формула (7.30) в этом случае будет иметь вид:

$$C_{Ki} = \frac{c_1 \cdot q_1 \cdot A_1 + c_2 \cdot q_2 \cdot A_2 + c_3 \cdot q_3 \cdot A_3 + c_4 \cdot q_4 \cdot A_4 + c_5 \cdot q_5 \cdot A_5 + c_6 \cdot q_6 \cdot A_6}{q_1 \cdot A_1 + q_2 \cdot A_2 + q_3 \cdot A_3 + q_4 \cdot A_4 + q_5 \cdot A_5 + q_6 \cdot A_6}, \text{мг/л}$$

После преобразований по ее упрощению формула (7.30) может быть представлена в данных условиях в виде:

$$C_{Ki} = \frac{(c_1 \cdot q_1 + c_2 \cdot q_2) \cdot A_{II} + (c_3 \cdot q_3 + c_4 \cdot q_4) \cdot A_C + (c_5 \cdot q_5 + c_6 \cdot q_6) \cdot A_{BH}}{(q_1 + q_2) \cdot A_{II} + (q_3 + q_4) \cdot A_C + (q_5 + q_6) \cdot A_{BH}}, \text{мг/л}$$

В качестве примера приводится расчет по ингредиенту - NO_3^- (нитратам). Используя данные таблицы 7.7, получаем величину расчетной концентрации NO_3^- в устьевом створе магистрального канала **ГД**:

$$C_{\text{NO}_3} = \frac{(4,42 \cdot 0,7 + 12,2 \cdot 0,89)306 + (3,96 \cdot 0,86 + 10,8 \cdot 0,73)170 + (11 \cdot 0,07 + 10,1 \cdot 1,52)1704}{(0,70 + 0,89)306 + (0,86 + 0,73)170 + (0,07 + 1,52)1704} = 9,71 \text{мг/л}$$

Для остальных ингредиентов расчет аналогичен, результаты расчета приведены в таблице 7.8.

Расчет по периоду летней межени

В меженный период, ввиду отсутствия поверхностного стока, будет иметь место один вид стока, а именно:

а) пашня:

- дренажный сток ($A_n=306 \text{га}$, $q_{\text{др}}=0,295 \text{л/с}\cdot\text{га}$);

б) сенокосы:

- дренажный сток ($A_c=170га$, $q_c=0,425л/с·га$);

в) территория внешнего водосбора: подземный сток ($A_{вн}=1704га$, $q_{вн}=0,03л/с·га$).

Расчетная формула (7.30) для меженного периода в данных условиях будет иметь вид:

$$C_{Ki} = \frac{c_{dp} \cdot q_{dp} \cdot A_n + c_c \cdot q_c \cdot A_c + c_{вн} \cdot q_{вн} \cdot A_{вн}}{q_{dp} \cdot A_n + q_c \cdot A_c + q_{вн} \cdot A_{вн}}, \text{мг/л}$$

Для расчетного ингредиента NO_3^- , используя данные таблицы 7.7, получаем величину расчетной концентрации в устьевом створе магистрального канала ГД :

$$C_{\text{NO}_3} = \frac{5,50 \cdot 0,295 \cdot 306 + 4,90 \cdot 0,425 \cdot 170 + 16,3 \cdot 0,03 \cdot 1704}{0,295 \cdot 306 + 0,425 \cdot 170 + 0,03 \cdot 1704} = 7,88 \text{мг/л}$$

Для остальных веществ расчет производится аналогично, результаты расчета приведены в таблице 7.8.

Таблица 7.8 Концентрации веществ в сбросных водах устьевого (замыкающего) створа магистрального канала

Расчетные периода стока	Расчетные ингредиенты							
	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Na^+	NO_3^-	P_m	$\text{F}_{\text{общ}}$	Общая минерализация
<i>И. Дождевой паводок 10% обеспеченности</i>	0,073	5,89	6,32	9,47	9,71	0,26	0,24	327,5
<i>II. Летняя межень 50% обеспеченности</i>	0,11	1,51	22,2	25,0	7,88	0,075	0,94	411,9

7.4 Расчет выноса биогенных загрязнителей дренажным стоком

7.4.1 Расчетные формулы

Среднегодовой вынос дренажным стоком биогенных ингредиентов (соотв. по азоту, нитратов, аммония, фосфора, калия) оценивается на основе следующих формул:

$$M_N = \frac{(K_1 \cdot N_M + 0,2 \cdot N_0 + 0,07 \cdot N_n) \cdot W_{ДР}}{W_{ДР} + W_{ППВ}}, \text{кг/га} \quad (7.17)$$

$$M_{NO_3}^- = 4,5 \cdot M_N \cdot \alpha, \text{кг/га} \quad (7.18)$$

$$M_{NH_4}^+ = 1,28 \cdot M_N \cdot \beta, \text{кг/га} \quad (7.19)$$

$$M_P = \frac{n_1 \cdot W_{ПГ} \cdot W_{ДР}}{W_{ПГ} + W_{ДР}}, \text{кг/га} \quad (7.20)$$

$$M_{K^+} = \frac{[(0,2 \cdot K_M + 1,2 \cdot K_0 + 0,008 \cdot K_B) \cdot 0,018] \cdot W_{ДР}}{W_{ДР} + W_{ППВ}}, \text{кг/га} \quad (7.21)$$

Показатели расчетных формул:

$W_{ДР}^{Р\%}$ - ср. годовой объем дренажного стока, м³/га;

$W_{ППВ}$ - запас влаги при ППВ в почвенном слое до уровня грунтовых вод (табл. 7.10), м³/га;

$W_{ПГ}$ - запас влаги в пахотном слое почв (табл. 7.10), м³/га;

N_M, K_M - нормы внесения соотв. минеральных удобрений (действ. вещества), кг/га;

N_0, K_0 - то же в составе органических удобрений, кг/га;

$N_{П}$ - содержание мин. азота в пахотном слое (табл. 7.9), кг/га;

K_B - валовое содержание калия в пахотном слое (табл. 7.9), кг/га;

K_I - коэффициент, характеризующий остаточное количество подвижных форм азота в минеральных удобрениях (табл. 7.14);

n_1 - коэффициент, характеризующий содержание растворенного фосфора в почвенной влаге (табл. 7.15);

α, β - коэффициенты, характеризующие соотношение нитратов и аммонийного азота в дренажном стоке (табл. 7.11).

Таблица 7.9 - Ориентировочное содержание азота, фосфора и калия в пахотном слое почвы, кг/га

Почва	Азот		Фосфор		Калий
	валовый N_B	минеральный N_n	валовый P_e	подвижный P_n	валовый K_e
Низинная торфяная	15200	218	1600	640	480
Подзолистая и дерново-сильноподзолистая песчаная и супесчаная	1755	21	780	82	50000
Дерново-слабоподзолистая песчаная и супесчаная	1920	29	1440	170	48800
Дерново-среднеподзолистая супесчаная	2438	38	1547	222	50000
Дерново-среднеподзолистая суглинистая и тяжело-суглинистая	3613	43	3120	390	58000
Подзолистая и дерново- сильноподзолистая суглинистая и тяжелосуглинистая	4160	49	2860	342	58000
Дерново-слабоподзолистая суглинистая и тяжело- суглинистая	4500	68	2860	312	48000
Дерново-подзолистая глеевая и глееватая супесчаная	4000	66	1820	300	50000
Дерново-подзолистая глеевая в глееватая суглинистая и тяжелосуглинистая	8500	128	3380	210	58000
Светло-серая лесная суглинистая и тяжелосуглинистая	5400	81	3600	420	50600
Серая лесная легкосуглинистая	5106	102	3000	180	39000
Дерново-луговая легкосуглинистая	6300	126	4060	203	40000
Пойменная дерново-луговая средне- и тяжелосуглинистая	4713	94	6988	690	50000

Таблица 7.10 - Значения $W_{ПГ}$, $W_{ППВ}$, $м^3/га$ (средние - по справочным данным)

Почва и ее механический состав	Запас влаги в слое почвы	
	в пахотном горизонте (0-25см) $W_{ПГ}$	в зоне аэрации до УГВ (0-100см) $W_{ППВ}$
1. Дерново-подзолистая:		
- песчаная на песках	250	1300
- песчаная на суглинках	175	875
- супесчаная	250	1250
- супесчаная на песках	278	1245
- супесчаная на суглинках	350	1750
- легкосуглинистая	400	2000
- легкосуглинистая на тяжелом суглинке	305	1525
- среднесуглинистая	265	2175
- суглинистая	380	1571
- глинистая	410	1689
- глинистая	550	2750
2. Торфяная	1350	4500
3. Дерново-слабоподзолистая песчаная и супесчаная	370	1850
4. Дерново-слабоподзолистая суглинистая и тяжелосуглинистая	537	2682
5. Светло-серая лесная суглинистая и тяжелосуглинистая	428	2138

Таблица 7.11 - Величины коэффициентов α и β , характеризующие соотношение NO_3^- и NH_4^+ в стоке мелиоративных систем (средние для всех периодов)

№ п/п	Почвы	α	β
1	Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	0,92	0,08
2	Дерново-подзолистые глинистые и суглинистые	0,97	0,03
3	Торфяные низинные	0,75	0,25
4	Темно-каштановые	0,89	0,11
5	Серые лесные	0,88	0,12
6	Черноземы обыкновенные	0,86	0,24

7.4.2 Пример расчета выноса биогенных загрязнителей дренажным стоком

Исходные данные:

1. Дозы внесения удобрений (средневзвешенные по всем культурам и площадям на 1га мелиорируемой территории – табл.7.12).

Таблица 7.12 - Проектные нормы внесения удобрений

С/х использование	Тип почв	Дозы внесения удобрений, кг д.в./га					
		в составе органических			минеральных		
		N_0	P_0	K_0	N_m	P_m	K_m
I. Овощекормовой севооборот, сенокосы	Дерново-среднеподзолистые супесчаные	40	50	120	45	55	90

2. Среднегодовой объем дренажного стока $W_{др}=6900 м^3/га$.

Расчет

Используя расчетные формулы (7.17...7.21), получаем годовую массу выноса дренажным стоком загрязняющих веществ:

а) по азоту

$$M_N = \frac{(0,02 \cdot 45 + 0,2 \cdot 40 + 0,07 \cdot 38) \cdot 6900}{6900 + 1250} = 9,8 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $K_I=0,02$ (принят по аммиачной селитре, табл. 7.14); $N_n=38 \text{ кг/га}$ – содержание минерального азота в пахотном горизонте (табл. 7.9); $W_{ппв}=1250 \text{ м}^3/га$ – запас влаги при ППВ в зоне аэрации до УГВ (табл.7.10).

б) по нитратам и аммонию

$$M_{NO_3} = 4,5 \cdot 9,8 \cdot 0,92 = 40,6 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

$$M_{NH_4} = 1,28 \cdot 9,8 \cdot 0,08 = 1,00 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $\alpha=0,92$, $\beta=0,08$ – соотношение NO_3 и NH_4 в дренажном стоке (табл. 7.11).

в) по фосфору

$$M_P = \frac{0,002 \cdot 250 \cdot 6900}{250 + 6900} = 0,48 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $W_{\text{ит}}=250 \text{ м}^3/\text{га}$ – запас влаги в почве пахотного горизонта (табл. 7.10);

$n_I=0,002$ – коэффициент, характеризующий содержание растворенного фосфора в почвенной влаге (табл. 7.15).

г) по калию

$$M_K = \frac{[(0,2 \cdot 90 + 1,2 \cdot 120 + 0,008 \cdot 50000) \cdot 0,018] \cdot 6900}{6900 + 1250} = 8,6 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $K_e=50000 \text{ кг/га}$ – содержание валового калия в пахотном горизонте (табл. 7.9).

7.5 Расчет выноса биогенных загрязнителей поверхностным стоком

7.5.1 Расчетные формулы

Среднегодовой вынос поверхностным стоком биогенных ингредиентов (соотв. по азоту, нитратов, аммония, фосфора, калия) оценивается на основе следующих формул:

$$M_N = \omega \cdot (K_2 \cdot N_M + 2 \cdot N_0 + 0,66 \cdot N_B) + \gamma \cdot (K_1 \cdot N_M + 0,2 \cdot N_0 + 0,07 \cdot N_{II}), \text{кг/га} \quad (7.22)$$

$$M_{NO_3^-} = 4,5 \cdot M_N \cdot \alpha, \text{кг/га} \quad (7.23)$$

$$M_{NH_4^+} = 1,28 \cdot M_N \cdot \beta, \text{кг/га} \quad (7.24)$$

$$M_P = \omega \cdot (n_2 \cdot P_M + n_3 \cdot P_0 + n_4 \cdot P_{II} + P_B), \text{кг/га} \quad (7.25)$$

$$M_K = (\omega + 0,018 \cdot \gamma) \cdot (0,2 \cdot K_M + 1,2 \cdot K_0 + 0,008 \cdot K_B), \text{кг/га} \quad (7.26)$$

Показатели расчетных формул:

N_M , K_M , P_M - нормы внесения соотв. минеральных удобрений (действ. вещества), кг/га;

N_0 , K_0 , P_0 - то же в составе органических удобрений, кг/га;

N_{II} , P_{II} - содержание подвижных форм соотв. азота и фосфора в пахотном слое почвы (табл. 7.9), кг/га;

K_B , N_B , P_B - валовое содержание соотв. компонентов в пахотном слое почв (табл. 7.9), кг/га;

ω , γ - коэффициенты, характеризующие долю выноса поверхностным стоком соответственно сорбированного и растворенного ингредиента (табл. 7.13);

α , β - коэффициенты, характеризующие соотношение нитратов и аммонийного азота в поверхностном стоке (табл. 7.11);

K_1 - коэффициент, характеризующий остаточное количество подвижных форм азота от вносимых минеральных удобрений (табл. 7.14);

K_2 - коэффициент, характеризующий количество азота в пахотном слое, фиксированного почвой из азотных удобрений (табл. 7.14);

n_2 , n_3 , n_4 - коэффициенты, характеризующие остаточное количество фосфора после выноса его урожаем соотв. из минеральных и органических удобрений и почвы (табл. 7.15).

Таблица 7.13 - Значения коэффициентов ω и γ для различных почвогрунтов и годового слоя поверхностного стока

№ п/п	Почвы	Среднегодовой слой поверхностного стока, мм	ω	γ
1	Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	300	0,0031	0,35
		500	0,0040	0,50
		600 и выше	0,0060	0,60
2	Дерново-подзолистые глинистые и суглинистые	300	0,0034	0,37
		500	0,0060	0,40
		600 и выше	0,0070	0,48
3	Торфяные низинные	300	0,0017	0,28
		500	0,0026	0,36
		600 и выше	0,0031	0,43
4	Чернозем обыкновенный, темно-каштановая и свет- ло-каштановая почва	250	0,0026	0,55
		400	0,0028	0,60
		500 и выше	0,0040	0,84

Таблица 7.14 Коэффициенты (K_1, K_2), характеризующие количество азота в почве от вносимых азотных минеральных удобрений

Типы минеральных удобрений	K_1	K_2
Селитра: - аммониевая	0,02	0,65
- натриевая и кальциевая	0,01	0,18
- известково-аммиачная (гранулир.)	0,02	0,065
Сульфат аммония	0,03	0,35
Хлористый аммоний	0,06	0,16

Таблица 7.15 Коэффициенты ($n_1 \dots n_4$), характеризующие остаточное количество фосфора в почве от вносимых удобрений

Типы почв по механическому составу	n_1	n_2	n_3	n_4
Почвы легкого механического состава	0,002	0,80	1,4	0,85
Тяжелые почвы	0,00017	0,26	0,4	0,28
Торфяные почвы	0,0015	0,32	0,5	0,34

7.5.2 Пример расчета по оценке выноса биогенных загрязнителей поверхностным стоком мелиоративной системы

Исходные данные следует смотреть в предыдущем примере расчета по дренажному стоку (см. п. 7.4.2).

Используя расчетные формулы (7.22...7.26), определяем годовую массу выноса поверхностным стоком загрязняющих веществ:

а) по азоту

$$M_N = 0,0031 \cdot (0,65 \cdot 45 + 2 \cdot 40 + 0,66 \cdot 2438) + 0,35 \cdot (0,02 \cdot 45 + 0,2 \cdot 40 + 0,07 \cdot 38) = 9,37 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где коэффициенты: $\omega=0,0031$, $\gamma=0,35$ – для дерново-подзолистых супесчаных почв (табл. 7.13);

$K_1=0,02$, $K_2=0,65$ (по аммиачной селитре, табл. 7.14);

$N_n=38 \text{ кг/га}$, $N_g=2438 \text{ кг/га}$ – содержание соответственно минерального и валового азота в пахотном слое почвы (табл. 7.9).

б) по нитратам и аммонии

$$M_{NO_3} = 4,5 \cdot 9,37 \cdot 0,92 = 38,79 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

$$M_{NH_4} = 1,28 \cdot 9,37 \cdot 0,08 = 0,96 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $\alpha=0,92$, $\beta=0,08$ – соотношение NO_3 и NH_4 в стоке мелиоративной системы (табл. 7.11).

в) по фосфору

$$M_p = 0,0031 \cdot (0,80 \cdot 55 + 1,40 \cdot 50 + 0,85 \cdot 222 + 1597) = 5,69 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $n_2=0,80$, $n_3=1,4$, $n_4=0,85$ (табл. 7.15);

$P_s=1597 \text{ кг/га}$, $P_n=222 \text{ кг/га}$ – содержание соотв. валового и подвижного фосфора в почве (табл. 7.9).

г) по калию

$$M_K = (0,0031 + 0,018 \cdot 0,35) \cdot (0,2 \cdot 90 + 1,2 \cdot 120 + 0,008 \cdot 50000) = 5,28 \text{ кг/га} \cdot \text{год}$$

где $K_s = 50000 \text{ кг/га}$ – содержание валового калия в пахотном горизонте (табл. 7.9).

7.6 Оценка химического загрязнения реки-водоприемника

7.6.1 Основные положения и расчетные формулы

Химическое загрязнение водоприемника со стороны осушительной системы связано в основном с вымывом из зоны аэрации и поверхности почвы веществ, образующихся вследствие проведения агротехнических мероприятий на полях и протекания почвенных биохимических процессов.

Функционирование мелиоративной системы изменяет химический режим воды реки-водоприемника ниже по течению.

Этот новый режим может иметь достаточно длительный и устойчивый характер, изменяясь только по сезонам года.

При оценке загрязнения все расчетные вещества-загрязнители (ингредиенты) объединяются в группы по одинаковости лимитирующего показателя вредности (см. табл. 7.16), а оценка производится по каждой соотв. группе ингредиентов отдельно на выполнимость нормативного условия:

$$\frac{C_1}{[C_1]} + \frac{C_2}{[C_2]} + \dots + \frac{C_n}{[C_n]} \leq 1 \quad (7.27)$$

где $C_1, C_2 \dots C_n$ - расчетные концентрации соответствующих веществ в водном объекте, мг/л;

$[C_1], [C_2], [C_n]$ - нормативно-допустимые предельные концентрации (ПДК) соотв. ингредиентов, мг/л (табл.7.16).

Таблица 7.16 Предельно-допустимые концентрации веществ в воде природных водотоков [8]

Компонент	Лимитирующий показатель вредности	Един. измерения	Предельно-допустимая концентрация, мг/л	
			хозяйственно-питьевая	рыбохозяйственная
Аммиак (по азоту)	санитарный	мг/л	2,0	0,05
Аммоний (солевой)	токсикологический	«	2,6	0,5
Калий	санитарно-токсикологический	«	-	50
Кальций	«	«	-	180
Магний	«	«	-	40,0
Натрий	«	«	-	120
Нитраты	«	«	44	40
Нитриты	«	«	-	0,08
Сульфаты	«	«	500	100
Хлориды	«	«	350	300
Железо	органолептический	«	0,5	0,33

Продолжение таблицы 7.16

Фосфор (Р _м)	«	«	-	3,5
Общая минерализация	«	«	1000	*
рН ***	«	рН	6,5-8,5	6,5-8,5
Бихроматная окисляемость (ХПК)	«	мгО ₂ /л	15	-
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	«	«	3	3
Нефтепродукты	«	мг/л	-	0,05

Примечания * - нормируется на месте согласно таксациям рыбохозяйственных водных объектов, *** - не должен выходить за пределы.

В отдельных случаях, при оценке загрязнения биогенными веществами, учитывается самоочищающаяся способность ме-лиоративной системы, т.е. производится некоторое снижение расчетных значений (C_n). Окончательная величина, расчетной концентрации в этом случае определяется по формуле:

$$C_n' = C_n \cdot e^{-k \cdot \frac{L}{v}}, \text{ мг / л} \quad (7.28)$$

где k – коэффициент самоочищения (ориентировочно $k=0,25$);

L – длина канала, м;

v – средняя скорость течения воды в канале, м/сут.

Учет самоочищающей способности воды в канале может иметь существенное значение в случаях: наличия большой длины и разветвленности каналов; при значительном удалении ме-лиоративной системы от водоприемника, а также в расчетах по среднемеженному периоду, когда скорости течения воды в кана-лах минимальные.

Оценка качества речного стока должна производиться в створе на расстоянии от места сброса (ниже по течению - не менее):

$$L_c = 30 \cdot B, м \quad (7.29)$$

где L_c – длина участка разбавления, м;

B – ширина реки по урезу воды при прохождении расчетного расхода, м.

Расчет концентрации веществ в воде стока мелиоративных систем для замыкающих (устьевых) створов магистральных каналов производится отдельно по каждому ингредиенту по формуле:

$$C_{Ki} = \frac{c_1 \cdot q_1 \cdot A_1 + c_2 \cdot q_2 \cdot A_2 + + c_n \cdot q_n \cdot A_n}{q_1 \cdot A_1 + q_2 \cdot A_2 + + q_n \cdot A_n}, мг/л \quad (7.30)$$

где $c_1, c_2 \dots c_n$ – расчетные концентрации i -го ингредиента в стоке с расчетных участков, мг/л;

$A_1, A_2 \dots A_n$ – площади соответствующих расчетных участков, га;

$q_1, q_2 \dots q_n$ – модули стока с соответствующих площадей, л/с·га.

При использовании формулы (7.30) разделение водосборной площади мелиоративной системы на расчетные участки (A_n) производится на внешнюю и дренируемую (осушаемую) площади -- по принципу существенного различия их по видам стока (подземный, поверхностный). Дополнительное деление этих территорий осуществляется по степени выноса с них загрязняющих веществ, куда могут входить: различные виды с/х использования, торфяники, минеральные земли, распаханная часть водосбора и пр.

Концентрация i -го ингредиента в стоке реки-водоприемника в расчетном створе ниже мелиоративной системы определяется по формуле:

$$C_{Pi} = \frac{\sum_{K=1}^n (C_{Ki} \cdot Q_{Ki}) + C_{\Phi i} \left(Q_P - \sum_{K=1}^n Q_{Ki} \right)}{Q_P}, \text{ мг / л} \quad (7.31)$$

C_{Ki}, Q_{Ki} - соответственно расчетные концентрации (мг/л) и расходы воды в устьевых створах магистральных каналов (л/с);

Q_P - расчетный расход воды в реке после мелиорации в створе ниже впадения всех магистральных каналов, л/с;

$C_{\Phi i}$ - концентрация соответствующего ингредиента в реке до мелиорации (природно-фоновая), мг/л.

7.6.2 Особенности установления основных расчетных показателей

а) перечень загрязняющих веществ

Общий перечень загрязняющих веществ, по которым оценивается влияние гидромелиоративной системы на качество природных вод, регламентируется соотв. нормами по проектированию мелиоративных систем. В конкретных проектах по мелиорации земель перечень расчетных ингредиентов устанавливается проектировщиками с учетом местных условий по согласованию с местными органами рыбнадзора и санитарной охраны.

б) гидрологические характеристики

При оценке влияния осушительных систем на качество природных вод, в качестве расчетных принимаются следующие стоковые характеристики [4]:

1. Максимальные объемы (слои) и расходы поверхностного, дренажного и суммарного стока для лет 10 и 50% обеспеченности по осадкам.

2. Минимальные месячные расходы (бытовой-среднемеженный период) суммарного стока для года 50% обеспеченности.

3. В особых случаях (при оценке воздействия ливнепаводкового стока, выноса пестицидов и пр.) слой ливневых осадков 10% обеспеченности, объем твердого стока летнего дождевого паводка 10% обеспеченности.

Многие гидрологические характеристики (расходы каналов и водоприемника, модули и объемы стока и пр.) устанавливаются на основе соответствующих гидрологических расчетов, выполняемых при проектировании мелиоративных систем.

Некоторые затруднения может вызывать оценка некоторых характеристик дренажного стока. При отсутствии данных наблюдений по объектам-аналогам, для оценки параметров дренажного стока могут быть использованы материалы практических рекомендаций (см. прилож.3.1).

в) исходные концентрации веществ в стоке

Исходные концентрации расчетных ингредиентов до мелиорации (природно-фоновые) в речном, поверхностном и грунтовом стоке с внешнего водосбора устанавливаются на основе:

- местных данных на основе многолетних наблюдений;
- данных краткосрочных предпроектных исследований (проектных изысканий);

При отсутствии данных наблюдений широко используются расчетные методы определения концентраций с учетом различных практических рекомендаций.

7.6.3 Пример расчета по оценке загрязнения водоприемника осушительной системы

Исходные данные:

1. Схема водосборной площади мелиоративной системы приводится на рис. 6.1.

2. Расчетный период стока – на примере летней межени 50% обеспеченности (для периода дождевых паводков расчет аналогичен).

3. Перечень расчетных ингредиентов и их исходные концентрации в сбросных водах мелиоративной системы следует см. в таблицах 7.9 и 7.17.

4. Расчетные расходы воды: - магистрального канала **ГД** в створе №1 $Q_{мк} = Q_{Б50\%} = 0,2 м^3/с$ (см. п. 6.1); - реки-водоприемника $Q_p = Q_{лм50\%} = 1,35 м^3/с$

Расчет

Оценку концентрации вещества в речном стоке ниже мелиоративной системы производим на основе формулы (7.31), преобразованной к данным условиям:

$$C_{Pi} = \frac{C_{MKi} \cdot Q_{MK} + C_{\Phi i} \cdot (Q_P - Q_{MK})}{Q_P}, \text{ мг/л}$$

Расчет производим на примере ингредиента NO_3^- , используя данные таблицы 7.8 и 7.17. Концентрация NO_3^- в речном стоке ниже впадения канала *ГД* будет равна:

$$C_{\text{NO}_3} = \frac{7,88 \cdot 200 + 3,90 \cdot (1350 - 200)}{1350} = 4,49 \text{ мг/л}$$

Результаты аналогичных расчетов по остальным расчетным ингредиентам приводятся в таблице 7.17.

Таблица 7.17 Концентрации веществ в стоке водоприемника ниже мелиоративной системы (створ 0-0), мг/л

Расчетные ингредиенты	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Na^+	NO_3^-	P_M	$F_{\text{общ}}$	Общая минерализация
Концентрация веществ в стоке до строительства мелиоративной системы природно-фоновая (C_{Φ})	0,030	3,8	4,5	3,3	3,9	0,12	0,15	215
Предельно допустимая концентрация $[C]$ (рыбохозяйственная)	0,5	50	40	120	40	3,5	0,3	*500
Нормативный лимитирующий показатель вредности	Т	СТ	СТ	СТ	СТ	ОЛ	ОЛ	-
Расчетная концентрация в стоке после строительства мелиоративной системы (C_{Pi})	0,042	3,5	7,1	6,5	4,49	0,11	0,26	244
Кратность изменения концентрации)	+1,4	-1,1	+1,6	+2,0	1,2	1,1	1,7	1,1

Примечание. * $[C_{\text{общ}}]=500\text{мг/л}$ – принимается по местным требованиям к объекту.

Оценку качества речного стока после сброса коллекторно-дренажных вод производим по группам ингредиентов (табл. 7.17), объединенных по лимитирующим показателям вредности - на выполнимость нормативного условия (ф-ла 7.27):

а) токсикологическая группа (NH_4):

$$\frac{0,042}{0,50} = 0,084 < 1$$

б) санитарно-токсикологическая группа (K, Mg, Na, NO_3):

$$\frac{3,5}{50} + \frac{7,1}{40} + \frac{6,5}{120} + \frac{4,49}{40} = 0,414 < 1$$

в) органолептическая группа (P, Fe):

$$\frac{0,11}{3,5} + \frac{0,26}{0,30} = 0,898 < 1$$

г) общая минерализация ($C_{\text{общ}} \leq C_{\text{пдж}}$):

$$C_{\text{общ}} = 244\text{мг/л} < C_{\text{пдж}} = 500\text{мг/л}$$

Выводы:

Анализ результатов расчета позволяет заключить следующее:

1. Увеличение концентрации веществ (кроме калия и фосфора) в меженном стоке реки ниже мелиоративной системы

следует ожидать в 1,5-2 раза. Несмотря на относительно значительное увеличение, абсолютные величины концентраций ингредиентов остаются в допустимых пределах (значительно ниже ПДК – кроме железа).

2. Выполнимость нормативного условия (7.27) с опр. запасом указывает на несущественное в целом ухудшение качества воды водоприемника.

3. Особое внимание следует обратить на ингредиенты органолептической группы (фосфор, железо), показатели которых близки к предельным. Рекомендуется анализ причин высокой концентрации и проработка мероприятий по снижению их выноса.

7.7 Прогноз потери гумуса при производстве мелиоративно-строительных работ

Оценка потери гумуса необходима для разработки мероприятий по восстановлению первоначального уровня плодородия почв, нарушаемого в процессе строительства мелиоративной системы. Потери гумуса при производстве мелиоративно-строительных работ выражаются в виде коэффициентов потери гумуса ($K_{ги}$) и оцениваются по нормативной шкале [13], фрагмент которой приводится в таблице 7.18.

Таблица 7.18 - Коэффициенты потерь гумуса при производстве мелиоративно-строительных работ

Наименование работ и характеристика	Коэффициент потерь гумуса - K_{Π}
1. Удаление кустарника и мелколесья корчевателями-собирателями раздельным способом: - редкого - средней густоты - густого	 0,10 0,15 0,20
2. Удаление кустарника и мелколесья кусторезом - редкого - средней густоты - густого	 0,05 0,10 0,15
3. Корчевание пней и деревьев $d > 12$ см при кол-ве: -50-100шт/га -100-200 шт/га -200-300 шт/га	 0,10 0,15 0,20
4. Корчевание и вывозка камней: - 10-20 м ³ /га - 20-50 м ³ /га -50-100 м ³ /га	 0,05 0,10 0,15
5. Строительство систематической осушительной и оросительной сети: - закрытой - открытой	 0,10 0,15
6. Засыпка ям, рвов, каналов: - 50-100 м ³ /га - 100-200 м ³ /га	 0,05 0,10
7. Первичная строительная планировка: - при слаборазвитом микрорельефе - при сильноразвитом микрорельефе	 0,05 0,10

При производстве нескольких видов работ на одной и той же площади определяется общий коэффициент потери гумуса (K_{Π}) по формуле:

$$K_{\Pi} = K_{OCH} + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} K_{\Pi i}}{n} \quad (7.32)$$

где K_{OCH} – коэффициент потери гумуса при производстве основной работы (с наибольшей потерей гумуса);

$\sum_{i=1}^{n-1} K_{\Pi i}$ – сумма коэффициентов потери гумуса для остальных видов работ;

n – количество всех видов работ, включая и основную.

Величина потери гумуса определяется по формуле:

$$\Delta G = G \cdot K_{\Pi} \cdot K_G, \% \quad (7.33)$$

где G – содержание гумуса в почве, % (по данным почвенно-мелиоративных изысканий);

K_G – условный коэффициент перевода грубого гумуса в активный (для мелиорируемых земель: старопахотных – $K_G = 1,0$, целинных – $K_G = 0,25$).

Исходными материалами для выполнения расчетов являются:

- материалы почвенно-мелиоративных изысканий (почвенно-мелиоративная карта) и карта культуртехнических мероприятий;

- проектно-технические решения по технологии производства мелиоративно-строительных работ.

Важным вопросом при выполнении расчета является учет разнообразия природных условий и производимых работ в пределах объекта. В этом случае, для повышения точности расчета, рекомендуется мелиорируемый массив разбивать на характерные расчетные участки по следующим критериям и последовательности:

- использование земель (способы осушения);
- типы почв (участки с торфяными почвами исключаются из расчета);
- определенное количество работ, производимых на одной и той же площади.

Пример расчета по оценке потери гумуса

Для условий гидромелиоративной системы, изображенной на рис. 5.4. требуется произвести оценку потерь гумуса вследствие производства мелиоративно-строительных работ.

Используя проектные материалы по производству культуртехнических и строительных работ, разделяем мелиорируемую территорию на характерные расчетные участки (см. табл. 7.19), где на одной и той же площади будут производиться по несколько видов работ. Основные критерии разделения -- типы почв, культуртехнические и мелиоративно-строительные работы (использование земель).

Расчет производится в табличной форме (табл. 7.19). В качестве примера, ниже приводится фрагмент расчета по участку №1 территории пашни, где запроектирован закрытый дренаж.

Расчет

По таблице 7.18 для соответствующих видов работ устанавливаем коэффициенты потерь гумуса: удаление кустарника - $K_1 = 0,15$; удаление камней - $K_2 = 0,10$; строительство осушительной сети $K_3 = 0,10$; планировочные работы $K_4 = 0,10$. По формуле (7.32) находим общий коэффициент потери гумуса:

$$K_{\Pi} = 0,15 + \frac{0,10 + 0,10 + 0,10}{4} = 0,225$$

где в качестве основного коэффициента принят $K_{осн} = K_1 = 0,15$ (наибольший).

Потери гумуса будут равны (ф-ла 7.33):

$$\Delta \Gamma = 3,2 \cdot 0,225 \cdot 0,25 = 0,180\%$$

где исходное содержание гумуса $\Gamma = 3,2\%$ (по данным изысканий); $K_{\Gamma} = 0,25$ (целинно-залежные земли).

**Таблица 7.19 Расчет потери гумуса при строительстве
мелиоративной системы**

№ расч участка	Наименование производимых работ на соответствующих площадях	Коэффициенты потери гумуса			Почвы		Исходное содер- жание гумуса Г, %	K _г	Потери гумуса, ΔГ, %
		K _{осн}	K _{пи}	K _п	Преоблада- ющий тип почв. га	Площадь, га			
I. Пашня									
1	а) удаление кустар- ника густого ку- сторезом	0,15	-	0,225	Д _{Г-3}	95,0	3,2	0,25	0,180
	б) удаление камней (40 м ³ /га)	-	0,10						
	в) строительство за- крытой осуши- тельной сети	-	0,10						
	г) строительная пла- нировка	-	0,10						
2	а) удаление камней (40 м ³ /га)	-	0,10	0,150	П _{Д-2}	211,0	2,9	0,25	0,109
	б) строительство за- крытой осуши- тельной сети	0,10	-						
	в) строительная пла- нировка	-	0,05						
	Итого:	-	-	-	-	306.0	-	-	-
II. Сенокосы									
3	а) удаление кустарни- ковой средней за- росли и мелкоlesia корчев.-собирателем	-	0,15	0,300	Д _{Г-3}	31,0	3,2	0,25	0,240
	б) корчевание пней и деревьев (150шт/га)	0,20	-						
	в) строительство от- крытой осушитель- ной сети	-	0,15						
	г) засыпка ям, каналов	-	0,10						
4	а) удаление камней (75 м ³ /га)	-	0,10	0,200	П _{Д-2}	139,0	2,9	0,25	0,145
	б) строительство от- крытой осушитель- ной сети	0,15	-						
	Итого:	-	-	-	-	170.0	-	-	-

Примечание. Обозначенные типы почв:

*Д*_{Г-3} - дерново-глеевые легко- и среднесуглинистые;

*П*_{Д-2} - дерново-подзолистые супесчаные.

Результаты аналогичных расчетов по остальным трем расчетным участкам приведены в таблице 7.19.

Конечные данные таблицы 7.19 являются основой для проработки проектных мероприятий по компенсации строительных потерь гумуса. Например, для рассмотренного выше расчетного участка №1, компенсирующая доза внесения органических удобрений будет равна: $D = \Delta G \cdot \Delta D = 0,180 \cdot 132,5 = 23,85(25) m / \text{га}$

ΔD - удельная доза удобрения, $m / \text{га} \cdot 1\%$ (см. табл.8.1).

8 ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Разделы ОВОС и «Охрана окружающей среды» в проектах мелиорации земель охватывают проработку следующих основных вопросов [4]: охрана земель и недр; охрана водных ресурсов; охрана растительности и животного мира; сохранение и облагораживание ландшафта; охрана памятников истории, культуры; рекреационные мероприятия.

8.1 Охрана почв

8.1.1 Группы основных мероприятий по охране почв

Вопросы охраны почв при мелиорации с/х земель охватывают проработку следующих мероприятий:

- сведение к минимуму нарушений почвенного покрова посредством максимального использования щадящих технологий производства мелиоративно-строительных работ;
- компенсация вынужденных потерь гумуса вследствие производства мелиоративно-строительных работ;
- предотвращение эрозионных процессов, связанных с распашкой земель и снижением влажности почв;
- улучшение изменяющихся свойств (структуры) почв под воздействием осушения и интенсивного с/х использования земель;

Компенсирующие дозы внесения органических удобрений определяются расчетным путем на основе прогнозируемых данных по потере гумуса при производстве соответствующих видов

мелиоративно-строительных работ (см. п. 7.7).

Мероприятия по снижению эрозии почв направлены в основном на создание водопрочной структуры почв. Обычно они представляют собой комплексы агротехнических мероприятий в составе почвозащитных севооборотов (с высокой долей многолетних трав при минимизации осушения).

Особую группу составляют почвозащитные мероприятия на осушаемых торфяниках по предотвращению сработки торфа и улучшению его водно-физических свойств, а именно:

- обогащение торфяника свежим органическим веществом (регулярное внесение органики в пределах компенсирующих доз);
- внесение минерального грунта в верхние слои торфяника (пескование, глинование);
- искусственная консервация торфа мелкозалежных торфяников посредством специальной глубокой запашки на глубину до 1,5м (создается новый тип антропогенной почвы посредством перемещения минерального грунта подошвы торфяника в область пахотного горизонта).

Кроме того, на осушаемых торфяниках проектируются системы противопожарных мероприятий, являющихся составной частью мелиорации торфяных почв и входящих в группу мероприятий по охране недр. Эти мероприятия рассмотрены в отдельном параграфе настоящей главы (см. п. 8.5).

8.1.2 *Определение доз внесения органических удобрений по компенсации потерь гумуса*

Расчетная доза внесения удобрения определяется по зависимости:

$$D = \Delta\Gamma \cdot \Delta D, \text{ т/га} \quad (8.1)$$

где $\Delta\Gamma$ - потери гумуса при производстве различных видов мелиоративно-строительных работ, устанавливаемые на основе прогнозной оценки, % (см. п.7.7);

ΔD - удельная доза удобрения для повышения содержания гумуса в почве на 1% (табл.8.1), т/га.

Таблица 8.1 Дозы органических удобрений для повышения содержания гумуса на 1% в минеральных почвах

Механический состав пахотного или гумусового горизонта	Доза удобрений (ΔD), т/га	
	навоз	ТМАУ стандартного состава
Песок, супесь легкая	85	110
Супесь тяжелая	90	120
Суглинок легкий	95	130
Суглинок средний	100	135
Суглинок тяжелый	105	140

8.1.3 *Определение норм внесения минеральных грунтов на торфяниках*

В настоящее время считаются установленными оптимальные дозы песка и глины для различных типов торфяников. В

таблице 8.2 приводятся рекомендуемые нормы добавок минеральных грунтов в зависимости от с/х использования (по данным ВНИИГиМ).

Таблица 8.2 Примерные дозы минерального грунта при различном использовании торфяных почв

Типы болот	Овощекормовой севооборот		Лугопастбищный севооборот	
	песок	глина	песок	глина
Низинные	400	200	400	200
Переходные	500	300	400	300
Верховые	600	500	500	400

Норму внесения песка для получения заданной смеси торф-песок рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$П = \frac{T \cdot M - 100 \cdot A}{(100 - M) \cdot \gamma_{\Pi}}, \text{ м}^3 / \text{га} \quad (8.2)$$

где T – масса торфяного слоя, подлежащая обогащению песком, т/га;

M – заданное содержание минеральной части в смеси торф-песок, %;

A – масса золы в торфяном слое, т/га;

γ_{Π} – объемная масса вносимого песка, т/м³.

8.2 Охрана вод водоприемника

8.2.1 Группы водоохранных мероприятий

Водоохранные мероприятия направлены в основном на снижение концентрации веществ в водах, отводимых с мелиорируемых земель в водоприемники. Они составляют следующие характерные группы:

а) организационно-хозяйственные:

- установление водоохранных зон и их режима по ограничениям различных видов хозяйственной деятельности;

- обозначение водоохранных зон на местности (установка соотв. знаков) и разработка системы контроля за соблюдением их режима;

- отведение и соответствующее обустройство специальных мест для работы с продуктами химической обработки полей в полевых условиях (мест временного складирования удобрений, приготовления растворов, заправки аппаратуры и пр.);

- проработка условий использования с/х авиации по хим. обработке полей (с согласованием с органами санитарного надзора и рыбоохраны).

б) агротехнические мероприятия:

- проведение обработки (распашки) земель вдоль береговой полосы;

- оптимальное сочетание химических обработок полей с другими видами агротехнической обработки;

- установление оптимального перечня и составление безопасных схем (способов, приемов) по внесению минеральных удобрений и применению пестицидов;

- максимальное повышение барьерных биогеохимических свойств почвы (увеличение аккумулирующей емкости пахотного слоя, недопущение редкой густоты посевов и пр.).

в) инженерно-гидротехнические мероприятия

Эти мероприятия применяются с целью радикального улучшения качественных показателей стока мелиоративных систем при повышении в стоке норм ПДК и высоких требованиях к качеству речного стока. Наиболее характерными из них являются:

- создание противозерозионных систем на водосборе;
- устройство отстойников в устьевых частях каналов;
- устройство фильтрующих перемычек с сорбентами для задержки загрязняющих веществ (пестицидов, тяжелых металлов, нефтепродуктов и пр.);
- строительство аэрирующих сооружений для улучшения качества дренажного стока;
- строительство прудов-аккумуляторов стока перед сбросом его в водоприемник (для выдерживания и обезвреживания дренажного и поверхностного стока).

8.2.2 *Определение размеров отстойников на осушительных каналах*

При проектировании отстойников на осушительных каналах в их устьевых зонах (перед впадением в водоприемник или в канал старшего порядка) производятся расчеты по установлению их параметров по длине и ширине.

Длина отстойника определяется по формуле:

$$L = \frac{v \cdot H}{\kappa \cdot u}, \text{ м} \quad (8.3)$$

где H – глубина наполнения при пропуске расчетного расхода, м;

v – средняя расчетная скорость движения воды в отстойнике, мм/с;

u – гидравлическая крупность частиц взвесей, мм/с.

Коэффициент (κ) и гидравлическая крупность (u) принимаются по справочным таблицам.

Ширина отстойника на уровне проектного дна канала будет равна:

$$b = \frac{Q_p}{3,6 \cdot H \cdot v}, \text{ м} \quad (8.4)$$

где Q_p – расчётный среднесуточный расход, м³/ч.

Геометрические плановые параметры по ширине отстойника будут равны:

а) по верху

$$B = e + 2m \cdot h_k, \text{ м} \quad (8.5)$$

б) на уровне проектного дна отстойника

$$B_0 = e - 2m \cdot h_{mo}, \text{ м} \quad (8.6)$$

где m – коэффициент заложения откосов;

h_k – проектная глубина канала, м;

h_{mo} – глубина мертвого объема отстойника, м.

8.2.3 Основы проектирования водоохранных зон

В проектах мелиорации земель предусматривается выделение двух поясов водоохранного характера:

а) общая водоохранная зона (зона ограничений техногенной деятельности), куда обычно включается пойма и надпойменные террасы;

б) зона строгого режима (особо охраняемая прибрежная полоса), куда включаются верхнебереговые и прирусловые элементы береговой полосы реки-водоприемника.

При установлении размеров водоохранных зон учитываются физико-гидрографические параметры реки, ее бассейновые и экологические особенности. Протяженность водоохранных зон и режим их использования согласовываются с местными органами санитарной охраны и рыбнадзора.

Для установления минимальной ширины водоохранных зон в условиях равнинных рек могут быть использованы следующие расчетные формулы:

а) ширина общей с/х водоохраной зоны (в пределах ширины пояса меандрирования реки):

$$B = K_M \cdot B_p, \text{ м} \quad (8.7)$$

б) ширина особо охраняемой прибрежной полосы:

$$\epsilon = B \cdot K_A + \Delta \epsilon, \text{ м} \quad (8.8)$$

где B_p - ширина русла реки, м;

K_M - степень развитости меандрирования (табл. 8.3);

K_A - коэффициент, принимаемый в зависимости от площади водосбора реки в рассматриваемом створе (табл. 8.3);

$\Delta \epsilon$ - дополнительное расстояние на отступление берегов, прогнозируемое на период до 10 лет.

Таблица 8.3 Расчетные гидрографические показатели рек к установлению ширины водоохраных зон

Степень развитости меандрирования в зависимости от ширины русла (по Р. Бетсу)					Коэффициенты, учитывающие величину водосборной площади			
B_p	60	100	300	1000	$\frac{A,}{\text{т.км}^2}$	<20	20-75	75-150
K_M	16	14	12	11	K_A	0,25	0,20	0,15

При проектировании мелиоративных систем на водосборах малых рек (при $B_p < 30\text{м}$) следует иметь в виду то, что ширина общей с/х водоохраной зоны (В) обычно устанавливается по согласованию с местными органами санитарного надзора и составляет в среднем 200-300м. Кроме того, для малых рек сле-

дует учитывать существующие нормативы (табл. 8.4... 8.6) минимально допустимой ширины водоохраной полосы, т.е. расчетная (проектная) ширина должна быть $b \geq b_{\min}$ ($B \geq B_{\min}$).

Таблица 8.4 Минимальная ширина водоохраной зоны реки в зависимости от ее длины (истока до рассматриваемого створа)

Протяженность реки, км	Ширина водоохраной зоны ($B_{\min}$), м
10-50	100
50-100	200
100-200	300
200-500	400
>500	500

Таблица 8.5 Минимальная ширина прибрежных защитных полос в зависимости от характера примыкающих территорий

Виды угодий, прилегающих к водному объекту	Ширина прибрежной защитной полосы ($b_{\min}$, м) при крутизне склонов (i) прилегающих территорий		
	$i \leq 0$	$i = 0 - 3^0$	$i > 3^0$
Пашня	15-30	35-55	55-100
Луга, сенокосы	15-25	25-35	35-50
Лес, кустарник	35	35-50	55-100

Таблица 8.6 Минимальные размеры прибрежных водоохраных полос для рек с особыми условиями

№ п/п	Характеристика (особенности) рек	Ширина прибрежной полосы $b_{\min}$, м
1	Реки, имеющие рыбохозяйственное значение; длиной менее 10км; протекающие в лесах	50
2	Реки, являющиеся притоками рек, имеющих нерестовое значение	100
3	Реки, имеющие места нереста редких и ценных пород рыб	1000

8.2.4 Режим использования водоохраных зон

В проектах мелиорации земель предусматривается выделение двух поясов водоохранного характера:

- общая водоохранная зона (зона ограничений хозяйственной деятельности);
- прибрежная водоохранная полоса (зона строгого режима).

Размеры водоохранных зон устанавливаются с учетом ряда характеристик реки (см. п.8.2.3) и по согласованию с местными органами санитарной охраны и рыбнадзора.

Водоохранно-защитный эффект от организации водоохранных зон возможен только при соблюдении соотв. режима хозяйственной деятельности в их пределах. На территории водоохранных зон запрещается всяческая деятельность, способствующая поступлению загрязняющих веществ в водные объекты, а именно:

- использование авиации для химической обработки полей;
- применение химических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками (пестицидов, гербицидов);
- строительство складов для хранения удобрений, ядохимикатов, нефтепродуктов;
- устройство мест стоянок и мойки машин и пр.

На территории общей водоохранной зоны (за пределами прибрежной полосы) может быть разрешено:

- использование земель для выращивания с/х культур (за

исключением пропашных – на расстоянии не менее 200м от прибрежной полосы);

- проведение агротехнических и культуртехнических работ по улучшению лугов;

- выпас скота.

На территории прибрежной водоохранной полосы, согласно нормативным требованиям, должны быть предусмотрены:

- берегоукрепительные мероприятия на участках с неустойчивыми берегами;

- посадка древесно-кустарниковой растительности на безлесных участках с целью ландшафтно-экологического обустройства;

- установка специальных водоохранных знаков (стандартных щитов с надписями и знаками запрещающего характера).

В пределах прибрежной полосы запрещается:

- распашка земель;

- выпас скота;

- организация палаточных городков;

- все виды строительства (кроме сооружений, входящих в состав мелиоративной системы);

- движение автотранспорта (в т.ч. и с/х машин).

8.2.5 Рекомендации по применению минеральных удобрений и пестицидов

а) внесение минеральных удобрений

При планировании агротехнических мероприятий по внесению минеральных удобрений на мелиорируемых землях рекомендуется придерживаться следующих рекомендаций:

- использование минимально-подвижных форм азотных удобрений (сульфат аммония, аммиачная селитра);
- дробное внесение повышенных доз азотных удобрений с 2...3-х разовой подкормкой в период наибольшей потребности растений в азоте;
- внесение фосфорно-калийных удобрений под зяблевую вспашку в полной или не менее 65% от полной нормы;
- исключение внесения минеральных удобрений вразброс;
- запрещение внесения любых видов удобрений по снежному покрову.

б) применение пестицидов

При использовании пестицидов рекомендуется соблюдать следующие правила:

- максимальное использование пестицидов кратковременного действия;
- чередование применения в севооборотах различных групп пестицидов;
- применение хлорорганической группы пестицидов в севообороте не чаще одного раза в три года;

- максимальное использование ленточного способа внесения пестицидов одновременно с междурядной обработкой почвы;
- применение гранулированных форм почвенных пестицидов (с целью снижения вероятности смыва их поверхностным стоком).

8.3 Охрана флоры и фауны

8.3.1 Мероприятия по сохранению естественной растительности

Сохранение существующей растительности во многих случаях имеет важное природоохранное значение, так как растительность является средой обитания и кормовой базой для многих видов животных и птиц.

Для сохранения и улучшения ландшафтно-экологических условий в проектах гидромелиорации с/х земель рекомендуется проработка следующих мероприятий:

- сведение к минимуму потерь растительности при производстве мелиоративно-строительных работ посредством исключения (запрета) использования прибрежной полосы и прилегающей территории для расположения стоянок строительных машин, складирования материалов, устройства подъездных дорог и пр.;
- максимальное использование сводимой древесной растительности в лесопосадках на объектах мелиорации (посредством перемещения молодых деревьев, например, для устройства лесо-

полос на земляной подушке вдоль каналов или в прибрежную полосу для облесения открытых участков водоприемника);

- компенсация вынужденных потерь древесно-кустарниковой растительности посредством соотв. посадок ее на прилегающих малопродуктивных и эродлируемых землях.

Для предотвращения прогнозируемых изменений растительных сообществ и биопродуктивности угодий (в том числе и лесных) на прилегающей территории вследствие снижения УГВ, рекомендуется проектирование инженерных сооружений и систем [9], сохраняющих прежний домелиоративный уровень грунтовых вод, а именно:

- инфильтрационные системы по пополнению запасов грунтовых вод;
- подземные водопроницаемые подпорные стенки-диафрагмы с водопоглощающими устройствами.

На территориях, где сосредоточены редкие и исчезающие виды растений, особо охраняемые ценные биоценозы, а также виды, занесенные в Красную книгу, предусматриваются особые меры по сохранению растений – в виде специальных комплексов инженерных мероприятий или создания заповедных территорий.

8.3.2 Мероприятия по охране животного мира

Для максимального сохранения фауны, обитающей в условиях мелиорируемого объекта, рекомендуется проведение следующих мероприятий:

- максимальный учет вопросов охраны фауны при проектировании землеустройства мелиорируемой территории (расположение угодий, полей, лесополос и пр.);

- планирование производства культуртехнических работ и рубок ухода за лесонасаждениями в периоды, исключаящие время гнездования и выкармливания молодняка;

- смещение растительной среды обитания для некоторых видов животных и птиц на прилегающую территорию посредством компенсирующих сводимую растительность посадок;

- устройство искусственных микрорезерватов (природных островков) как в пределах объекта, так и на прилегающей территории по принципу – существующий или искусственный водоем, обустраивается соотв. древесно-кустарниковой растительностью;

- отлов и перенаселение на новые места колоний ценных видов животных (бобр, выдра, нутрия) по согласованию с охотничьими хозяйствами;

- устройство на путях миграции животных спец. переходов через каналы и дороги;

- устройство на каналах в местах обитания крупных животных (лось, олень) положенных входов-выходов (мест водопоя) через каждые 400-600м;

- устройство спец. кормовых зон по краям полей, примыкающих к территориям обитания животных, посредством посева кормовых культур (топинамбур, люпин, клевер и пр.).

Если в пределы объекта мелиорации попадают места традиционного пребывания водоплавающих и болотных птиц редких видов, а также территории поселения птиц и животных, занесенных в Красную книгу, то в схемах по обоснованию мелиоративных мероприятий обязательно должны рассматриваться вопросы о создании резерватов или заповедных территорий.

8.4 Улучшение и облагораживание ландшафта

Ландшафт мелиоративной системы должен повышать эстетическую привлекательность сельской местности и максимально сохранять ее исторически сложившиеся элементы ландшафта.

Основными мероприятиями по формированию и улучшению ландшафта являются:

- а) увязка проектных решений с современными требованиями к формированию архитектурно-художественного облика ландшафта мелиоративной системы;

б) представление основных объектов (сооружений, каналов, дорог) в сочетании с природными компонентами в виде отдельных композиционных элементов, формирующих ландшафт в целом и представляющих собой воплощение современных методов ландшафтного искусства (линии, объемы, цвета, формы, материалы, архитектурная выразительность);

в) максимальное сохранение существующих элементов ландшафта, являющихся живописными, достопримечательными, редкими или ценными как в культурно-познавательном и оздоровительном, так и в научном отношении. Сюда могут быть включены:

- отдельно стоящие вековые деревья;
- живописные группы обычных деревьев;
- водоемы, затопленные водой глубиной более 1м (понижения, старицы водоприемника, выемки от торфокарьеров и пр.);
- каптаж родников (ключей) у дорог с соотв. оформлением (например, камнем-валуном и древесно-кустарниковой растительностью);
- памятные знаки и прочие элементы, повышающие контрастность и видовую ценность ландшафта.

г) ликвидация существующих компонентов ландшафта, снижающих его контрастность и видовую ценность и не имеющих практической ценности. Этими компонентами обычно являются: замкнутые понижения глубиной менее 1м, участки с

малоценной древесной растительностью, зарастающие мелко-водные зоны водоприемника, места складирования выкорчеванных камней, валы раскорчевки древесно-кустарниковой растительности и пр..

8.5 Противопожарные мероприятия на осушаемых торфяниках

Противопожарные мероприятия разрабатываются при следующих параметрах торфяников: мощность торфяной залежи >0,5м; зольность торфа <50%; площадь торфяника >50-100га.

8.5.1 Основная группа противопожарных мероприятий

В основную группу входят мероприятия, рекомендуемые к обязательной проработке при проектировании мелиоративной системы, а именно:

- проектирование системы противопожарного водообеспечения;
- установление размеров и проектирование разделительных противопожарных полос;
- определение потребного количества пожарной техники и инвентаря для землепользователей;
- организация контроля за соблюдением общих и объектных правил пожарной безопасности в процессе строительства и эксплуатации осушительной системы.

Проектирование системы противопожарного водообеспечения включает в себя решение следующих вопросов:

- определение потребного количества воды для нужд пожаротушения;

- выбор источников противопожарного водоснабжения (реки, водоемы, трубопроводы, грунтовые воды и пр.);

- проектирование или выбор типовых сооружений и устройств, обеспечивающих водозабор и подачу воды к вероятным местам возникновения пожаров (пожарные водоемы; пожарные гидранты, колодцы, подводящие каналы, трубопроводы; площадки для стоянок в местах водозабора пожарной техники; шлюзы-регуляторы на каналах и пр.);

- проектирование мелиоративной сети с максимальными техническими возможностями для пожаротушения (обеспечение подачи воды в истоковые зоны каналов, шлюзование осушительной сети, использование оросительных трубопроводов для подачи воды и пр.).

Противопожарные разделительные полосы устраиваются по принципу отделения торфяника от объектов, имеющих соотв. степень пожароопасности. Противопожарные полосы формируются путем внесения минерального грунта в верхний слой торфяника (0,15-0,20м) методом запашки. Для установления местоположения и минимальной ширины противопожарных полос рекомендуется использовать рекомендации БелНИИМ и ВХ (табл. 8.7).

Таблица 8.7 - Ширина противопожарных полос из смеси торфа с минеральным грунтом

Место устройства противопожарных полос	Ширина полосы(м) при соотв. использовании земель и зольности торфа (%)					
	полевые севообороты			сенокосы и пастбища		
	5%	15%	25%	5%	15%	25%
Вдоль автомобильных дорог категорий (с обеих сторон):	372	303	216	275	224	160
- первой	310	252	180	229	186	133
- второй	248	202	144	184	149	106
- третьей	198	162	115	146	120	85
- четвертой	174	141	101	129	104	75
- пятой						
Вдоль железных дорог (с каждой стороны)	149	121	86	110	90	64
От населенных пунктов	572	303	216	275	224	160
От леса: - из хвойных пород	248	202	144	184	149	106
- из лиственных пород	186	152	108	138	112	80
От электрических подстанций	161	131	95	119	97	70
Вдоль линий электропередачи, газопроводов, нефтепроводов	149	121	86	110	90	64
От складов ГСМ	372	303	216	275	224	160

Нормативы для определения потребного количества пожарной техники и инвентаря приводятся в таблице 8.8. Требуемое количество техники и инвентаря согласовывается с соответствующим составом противопожарных средств хозяйства-землепользователя.

Таблица 8.8 Потребное количество противопожарной техники и инвентаря

№ п/п	Наименование	Площадь осушаемого болота, га				
		до 100га	100-250	250-500	500-1000	1000-2000
1	Пожарные автомобили	-	-	-	-	1
2	Мотопомпы	1	1	2	3	4
3	Тракторы с коловратными насосами	2	2	2	2	2
4	Опрыскиватели тракторные	-	-	-	1	1
5	Опрыскиватели ранцевые	1	2	3	5	5
6	Ведра металлические	10	15	25	50	100
7	Лопаты штыковые	5	10	20	35	65
8	Топоры лесорубные	3	5	7	10	20
9	Грабли	10	20	50	100	200
10	Очки противодымные	15	30	50	100	200
11	Распираторы	10	30	50	100	200

8.5.2 Дополнительные противопожарные мероприятия

На осушаемых торфяниках в качестве дополнительных рекомендуются следующие противопожарные мероприятия:

- минерализация торфа (глинование, пескование);
- устройство защитных экранов из минеральных почвогрунтов (на системах закрытого типа);

Использование метода структурной мелиорации торфа (см. п. 8.1) посредством внесения в него минеральных грунтов (песка, глины), кроме повышения урожайности и снижения интенсивности сработки торфа, позволяет значительно повышать пожаростойкость верхней части торфяной залежи.

Основной целью устройства защитных экранов является локализация очагов возгорания на отдельных (небольших)

участках площадью 1-2га. Наиболее экономичным является вариант устройства противопожарных экранов в процессе строительства закрытого дренажа, а именно:

- обратная засыпка части коллекторно-дренажных траншей производится минеральным грунтом;
- дополнительно устраивается некоторое количество поперечных траншей, которые без укладки дренажных труб засыпаются минеральным грунтом.

Особенности конструкции и основные проектные параметры противопожарной защитной системы показаны на рис. 8.1.

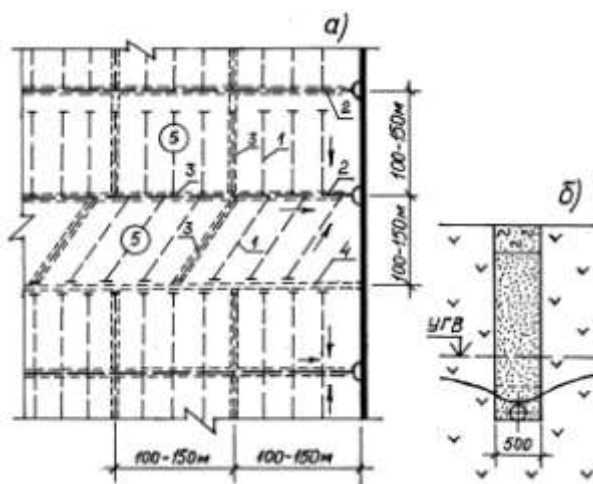


Рис 8.1 Противопожарная система из минеральных экранов

а – плановая компоновка (фрагмент); *б* – поперечный профиль коллекторно-дренажной траншеи. 1 – закрытая дрена; 2 – закрытый коллектор; 3 – обратная присыпка строительной траншеи минеральным грунтом (экран); 4 – дополнительно устраиваемая экранная траншея; 5 – локализуемый участок (секция)

8.5.3 Расчет противопожарной водообеспеченности на мелиорируемых торфяниках

Основные положения и расчетные формулы

Территория осушаемого массива разбивается на расчетные участки по нормативному критерию: отдельный водоисточник для пожаротушения – на площади $A_i \leq 1000$ га, т.е. количество водоисточников (расчетных участков) должно быть не менее:

$$n = 0,1 \cdot A_{OC}, \text{шт} \quad (8.9)$$

где A_{OC} – площадь осушаемых торфяников, км^2 .

Потребный расход воды для пожаротушения на соотв. расчетном участке определяется по формуле:

$$Q_{ni} = \frac{q_n \cdot \sqrt{A_i}}{3600}, \text{м}^3 / \text{с} \quad (8.10)$$

где q_n – удельный (нормативный) расход воды на пожаротушение, $\text{м}^3 / \text{с} \cdot \text{км}$;

A_i – площадь торфяника на расчетном участке, км^2 .

Потребный объем воды на пожаротушение:

$$W_{ni} = 24 \cdot Q_{ni} \cdot t_n, \text{м}^3 \quad (8.11)$$

где t_n – расчетная продолжительность тушения одного пожара (для участков площадью ≤ 1000 га в условиях Нечерноземной зоны РФ: $t_n = 2 \text{сут}$, $q_n = 160 \text{ м}^3 / \text{ч} \cdot \text{км}$).

При использовании в качестве водоисточника воды «живого» стока реки должно выполняться условие:

$$Q_M \geq \sum Q_{ni} + Q_{\min}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (8.12)$$

где Q_M - среднедекадный расход воды в реке в период летней межени для года 75% обеспеченности (в отдельных особых случаях $p=90\%$), $\text{м}^3 / \text{с}$;

$Q_{\min}$ - минимально допустимый расход воды ниже расчетного створа, $\text{м}^3 / \text{с}$. При отсутствии ниже по течению соотв. водопотребителей:

$$Q_{\min} = K_C \cdot Q_M, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (8.13)$$

где K_C – доля санитарного расхода воды в реке для периода летней межени ($K_C = 0,75$ – при соблюдении природоохранных норм и требований по отбору естественного тока воды).

При невыполнении вышеуказанного условия (8.12) рекомендуется проектирование противопожарных водоемов с вариантами частичного использования живого тока воды рек-водоисточников.

Противопожарные водоемы

При проектировании противопожарных водоемов (рис. 8.2) рекомендуется соблюдать следующие нормативно- типовые показатели:

- полезная емкость водоема должна быть $V_{\text{пол}} \geq 100 \text{ м}^3$;
- глубина мертвого объема $h_{\text{МО}} \geq 0,5 \text{ м}$;

- глубина наполнения водой $h \geq 1,5\text{м}$;
- ширина по дну $b \geq 6,0\text{м}$; коэффициент заложения откосов $m=2,0$;
- предусматриваются два прямка (зумпфа) -- по обоим торцам водоема с параметрами: глубина $h_3=0,5\text{м}$, коэффициент заложения откоса $m=2,0$, размеры в плане: $3 \times 4\text{м}$.

Потребное количество противопожарных водоемов на соответствующих расчетных участках определяется по формулам:

а) при проектировании забора воды на пожаротушение непосредственно из водоема:

$$n_B = \frac{A_i \cdot 10^4}{R^2}, \text{шт} \quad (8.14)$$

где R – нормативный радиус действия ($R=250-300\text{м}$).

б) при заборе и доставке воды к очагу возгорания при помощи специальной пожарной техники (пожарные автомобили, прицепы, цистерны и пр.):

$$n_B = \frac{A_i}{A_B}, \text{шт} \quad (8.15)$$

где A_6 – площадь обслуживания одним водоемом, га .

При обосновании (A_6) рекомендуется принимать $A_6=50 \dots 100\text{га}$, а размещение водоемов производить в пределах одного-двух полей в зависимости от их геометрических параметров.

Полезный объем противопожарного водоема устанавливается по следующим формулам:

а) при использовании только водоемов:

$$V_{ПОЛ} = \frac{W_{ni}}{n_B}, \text{м}^3 \quad (8.16)$$

б) при проектировании водоемов в условиях частичного использования живого тока реки:

$$V_{ПОЛ} = \frac{(Q_n + Q_{\min} - Q_M) \cdot t_n}{n_B}, \text{м}^3 \quad (8.17)$$

В случаях получения результата $V_{ПОЛ} < 100 \text{м}^3$, к проектированию следует принимать минимальный объем $V_{ПОЛ} = 100 \text{м}^3$.

Полный объем запаса воды противопожарного водоема будет равен:

$$V_{П} = V_{ПОЛ} + V_{МО}, \text{м}^3 \quad (8.18)$$

где $V_{МО}$ - мертвый объем, определяемый по формуле:

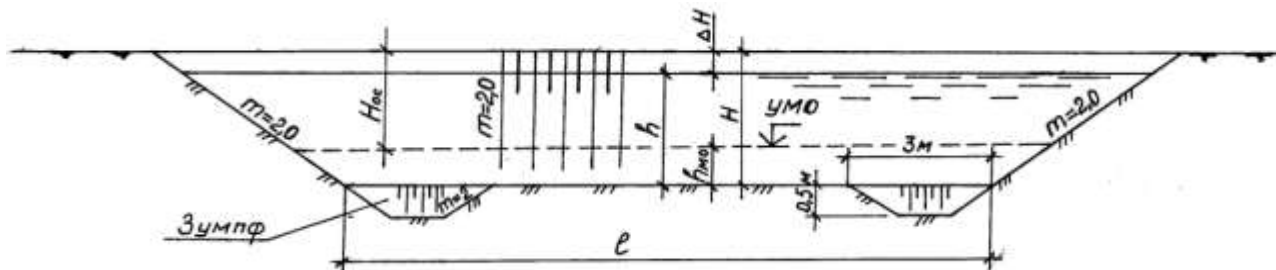
$$V_{МО} = \frac{h_{МО}}{h} \cdot V_{П}, \text{м}^3 \quad (8.19)$$

8.5.4 Пример расчета противопожарных мероприятий

Исходные расчетные показатели:

1. Площадь осушаемого торфяника $A_{ОС}=365 \text{га}$, с/х использование: пашня - 6-польный овощекормовой севооборот.

2. Водоисточник – река-водоприемник с расходом летней межени в условиях года 75% обеспеченности: $Q_M=0,15 \text{м}^3/\text{с}$.



а) расчет противопожарной водообеспеченности

На основе действующих нормативов устанавливаем:

- количество независимых водоисточников (расчетных участков) должно быть не менее (условие 8.9):

$$n = 0,1 \cdot 3,65 = 0,365 (n=1шт)$$

- удельный расход на пожаротушение $q_n = 160 \text{ м}^3 / \text{с} \cdot \text{км}$;

- расчетная продолжительность тушения пожара $t_n = 2 \text{сут}$;

- минимальный санитарный расход ниже мелиоративной системы должен составлять (ф-ла 8.13):

$$Q_{\min} = 0,75 \cdot 0,15 = 0,113 \text{ м}^3 / \text{с}$$

где $K_c=0,75$ – доля санитарного расхода при отборе естественного тока воды (по природоохранным требованиям).

Потребный расход воды на пожаротушение будет равен (ф-ла 8.10):

$$Q_{ni} = \frac{160 \cdot \sqrt{3,65}}{3600} = 0,085 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Проверяем условие (8.12) достаточности живого тока воды в реке:

$$0,150 \text{ м}^3 / \text{с} < 0,085 + 0,113 = 0,198 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Условие (8.12) не выполняется, что указывает на недостаточность речного стока для целей пожаротушения.

Принимаем вариант частичного использования «живого» стока воды реки и проектирования противопожарных водоемов.

б) расчет противопожарных водоемов

Общее количество противопожарных водоемов в данных условиях может быть принято из расчета (ф-ла 8.15):

$$n_B = \frac{365}{50} \dots \frac{365}{100} = 7,3 \dots 3,65 \text{ (4...7шт)}$$

Принимаем количество водоемов из условия их размещения по факторам организации территории -- $n_B = 6 \text{ шт}$ - из расчета: на одном поле – один водоем (на площади $A_B = 365/6 = 60,82 \text{ а}$).

Полезный объем противопожарного водоема должен быть не менее (ф-ла 8.17):

$$V_{\text{пол}} = \frac{(0,085 + 0,113 - 0,150) \cdot 2 \cdot 86400}{6} = 1382,4 \text{ (1400 м}^3\text{)}$$

Принимаем строительную глубину водоема (см. рис. 8.2) в пределах глубины проводящих осушительных каналов ($H_{OC} = 2,4 \text{ м}$) и минимальной глубины мертвого объема ($h_{MO} \geq 0,5 \text{ м}$):

$$H = 2,4 + 0,6 = 3,0 \text{ м}$$

Требуемая глубина наполнения водоема составит:

$$h = H - \Delta H = 3,0 - 0,4 = 2,6 \text{ м (} h \geq 1,5 \text{ м)},$$

где $\Delta H = 0,3 \dots 0,5 \text{ м}$ - запас от бровки до уровня воды.

Величина мертвого объема будет составлять (ф-ла 8.19):

$$V_{MO} = \frac{0,6}{2,6} \cdot 1400 = 323,1 \text{ м}^3 \text{ (350 м}^3\text{)}$$

Полный объем воды противопожарного запаса будет равен (ф-ла 8.18):

$$V_{II} = 1400 + 350 = 1750 м^3$$

Задаваясь проектными параметрами: $b = 10 м, m = 2,0$, определяем длину донной части водоема (см. рис. 8.2):

$$l = \frac{V}{(b + m \cdot h) \cdot h} = \frac{1750}{(10,0 + 2,0 \cdot 2,6) \cdot 2,6} = 44,3 м (45 м)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Схемы оросительной сети и технические характеристики дождевальных машин

Приложение 1.1 Технические характеристики дождевальных машин

Показатели	Дождевательный агрегат ДДН-70Ш с гибким водоводом-питателем			Дождевательный агрегат ДДН-100Ш с гибким водоводом-питателем		Дождевательный агрегат ДДН-150Ш с гибким водоводом-питателем
Расчетный расход агрегата, л/с (Q_w)	65			115		150
Напор на гидранте водовода-питателя, м (H_f)	2,5			2,5		2,5
Напор насосной установки агрегата, м	55			65		55
Радиус полива по крайним каплям, м	70			85		70
Варианты поливной сети:	I II III			I II		
Длина водовода-питателя, м	250	280	135	180	420	480
Диаметр водовода, мм	250	275	2×200	2×200	350	350
Потери напора в водоводе, м	1,5	1,5	1,0	1,5	3,0	3,5
Количество гидрантов-клапанов	3	4	2	2	4	4
Расстояние м/у гидрантами на гибком водоводе, м (l_0)	100	80	90	120	120	120
Расстояние м/у гидрантами на распределительном трубопроводе, м (l_r)	110	100	100	120	145	150
Расстояние между распределительными трубопроводами, м (l_r)	600	640	360	480	960	600....1000
Схема полива	по кругу			по кругу		по сектору
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,35...0,48			0,48....0,60		0,50
Коэффициент земельного использования	0,95			0,95		0,98
Допустимый уклон поверхности земли	0,03			0,03		0,02
Коэффициент использования рабочего времени (за смену)	0,75...0,80			0,72....0,80		0,75...0,80
Марка трактора	ДТ-74, ДТ-75			Т - 150		К-700
Обслуживающий персонал, чел.	1			2		2

Показатели	Дождевальный колесный трубопровод ДКГ-80 «Ока»
Число рабочих крыльев, шт	2
Подача воды двумя крыльями, л/с (Q_m)	100
Расчетный расход одного дождевателя (с диаметром сопла 20мм), л/с (Q_m)	-
Напор на гидранте, м (H_f)	50
Габаритные размеры одного крыла (поливаемой полосы):	
длина, м	397,5
ширина, м	596
высота, м	1,91
Тип дождевальных аппаратов, м	Роса-3М
Расстояние между гидрантами, м (l_f)	36
Расстояние между оросительными трубопроводами, м (l_r)	800
Площадь полива с одной позиции, га	2,88
Допустимая скорость ветра, м/с	0,21
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	5,0
Средний слой дождя за 1 проход, мм	-
Схема полива	-
Коэффициент земельного использования	0,98
Коэффициент использования рабочего времени (за смену)	0,80
Привод ведущей тележки	гидравлический
Допустимый уклон поверхности земли:	0,02
продольный	-
поперечный	-
Класс обслуживающего трактора, кН	-
Количество дождевателей на 1 трактор	-
Обслуживающий персонал	1

Показатели	Дождеватель шланговый ДШ-30
Расчетный расход, л/с (Q_m)	30
Напор на гидранте, м (H_r)	100
Длина разматываемого шланга, м	400
Высота сопла дождевального аппарата, м	1,7
Ширина колеи салазок, м	1,5...2,8
Радиус полива, м	50
Расстояние между гидрантами, м (l_r)	80
Расстояние между оросителями, м (l_r)	800
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,19
Слой осадков за 1 проход, мм	39...93
Максимальная интенсивность дождя, мм/мин	0,3
Поливная норма, м ³ /га	200...800
Допустимый уклон поверхности земли, м	0,05
Коэффициент земельного использования	0,98
Сменный коэффициент использования рабочего времени	0,8
Класс обслуживающего трактора, кН	14
Обслуживающий персонал	1

Дождеватель колесный широкозахватный ДКШ-64А «Волжанка»

Параметры	ДКШ -64А	ДКШ-64А-03	ДКШ-64А-04
Способ дождевания	Позиционный		
Питание водой	От закрытой оросительной сети		
Расстояние между оросителями, м	800	600	400
Ширина колеи, м	11.авг		
Давление на гидранте, МПа не менее	0,4		
Расход воды машиной, л/с не менее	83/64	60/48	40/32
Количество дождевательных аппаратов	68	52	36
Расстояние между гидрантами, м	24/18		
Площадь орошения с одной позиции, га, макс/мин	1,92/1,44	1,44/1,08	0,96/0,72
Число персонала, необходимого для обслуживания непосредственно машины, чел.	1	1	1
Масса дождевателя, кг	6200	4900	3630
Скорость при смене позиции, м/мин	06.сен		
Расстояние от поверхности земли до трубопровода, м	850±50		
Габариты одного крыла в рабочем положения, м	5,96 395,4 2,1	5,96 296,0 2,1	5,96 178,0 2,1
- длина			
- ширина			
- высота			
Интенсивность дождя средняя, мм/мин, не более	0,3		
Диаметр водовода, мм	150		
Длина секции, м	11,8		

Приложение 1.2 Схемы оросительной сети при орошении дождеванием

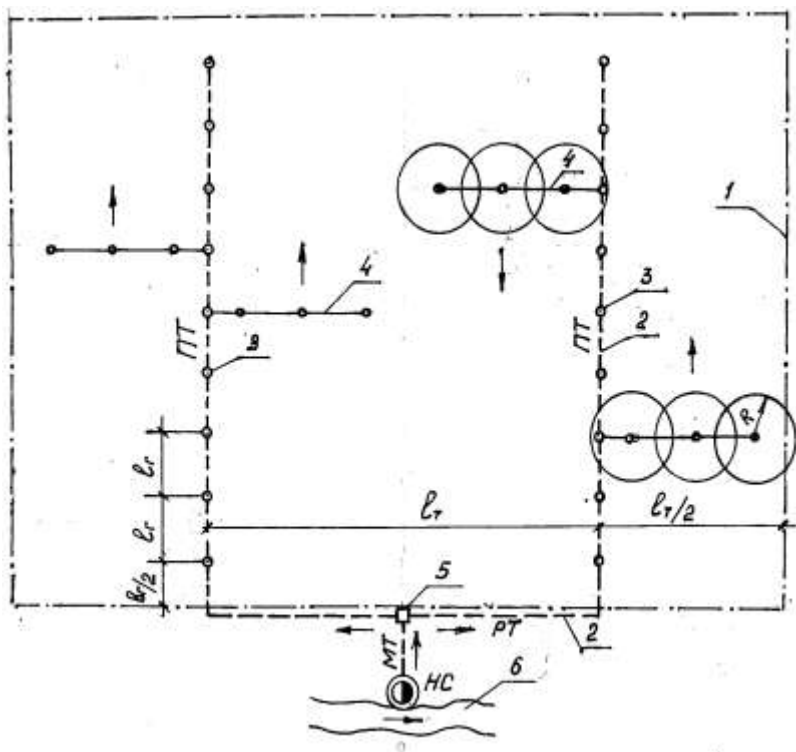


Рис.1.2.1 Схема орошения дождевальными агрегатами:
ДДН-70Ш, ДДН-100Ш, ДДН-150Ш

- 1 – граница поля; 2 – подземные оросительные трубопроводы;
3 – гидранты для подключения водоводов-питателей;
4 – гибкий водовод-питатель (передвижной) с гидрантами
для подключения дождевальных машин; 5 – распределительный
колодезь; 6 – водоисточник; R – радиус полива

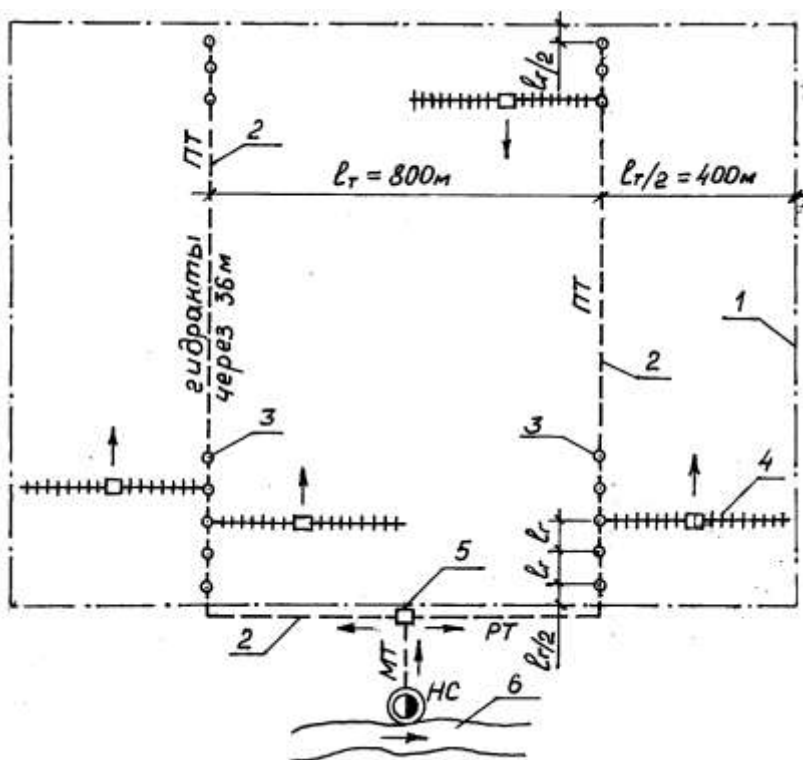


Рис. 1.2.2. Схема орошения дождевальными машинами
ДКГ-80, ДКШ-64А

- 1 – граница поля; 2 – подземный оросительный трубопровод;
- 3 – гидранты для подключения водоводов-питателей;
- 4 – крыло дождевальной машины и направление перемещения;
- 5 – распределительный колодец; 6 – водоисточник;

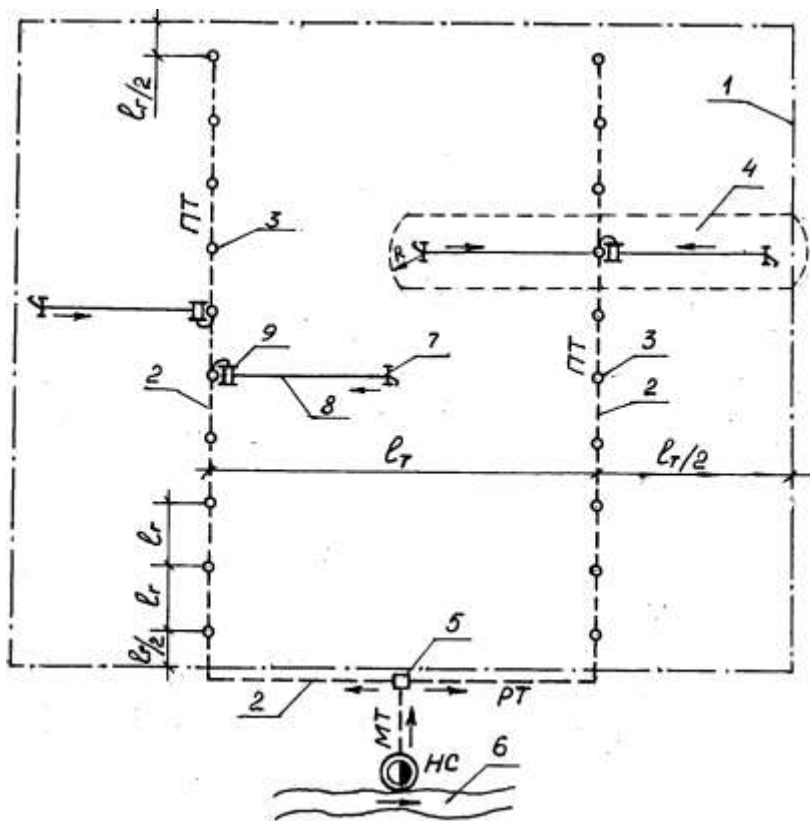


Рис. 1.2.3 Схема орошения полосовыми шланговыми дождевателями: ПЗТ-75(PZ-75) и ДШ-3

- 1 – граница поля; 2 – подземные оросительные трубопроводы;
- 3 – гидранты для подключения дожд. машин; 4 – поливаемая полоса за один проход; 5 – распределительный колодец;
- 6 – водоисточник; 7 – дождевальная машина;
- 8 – полиэтиленовый шланг;
- 9 – шасси с намоточным устройством

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расстояния между дренами и открытыми осушителями

Приложение 2.1 Расстояния между открытыми осушителями при осушении сенокосных и лугопастбищных угодий, *м*

Почвогрунты	Уклоны поверхности осушаемой территории						Падение депресс. кривой, Δh , <i>м</i>
	$\leq 0,0002$	0,0005	0,001	0,002	0,003	0,005	
Суглинок сред.	75	80	85	90	95	100	1,0
Суглинок лёгк.	100	105	110	115	120	125	0,9
Супесь	125	130	135	140	145	150	0,8
Песок	200	220	250	300	350	400	0,5
Торф низинн	100	110	120	130	140	150	0,7

Примечание. При напорном режиме грунтовых вод указанные в таблице расстояния уменьшаются на 30-50%.

Приложение 2.2 Расстояния между закрытыми дренами в условиях минеральных почвогрунтов, *м*

№ п/п	Грунты		Содержание частиц грунта $d < 0,01$ мм	При осушении:		Падение депрессионной кривой Δh , <i>м</i>
				полевых, овощных, приферм. севообор.	лугопастбищных угодий, искусственных сенокосов	
1	Глина		65-50	13-15	18-20	-
2	Суглинок	тяжёлый	50-40	15-16	20-24	0,35-0,45
		лёгкий	40-30	16-20	24-28	
3	Супесь	тяжёлая	30-20	20-25	28-35	0,-0,35
		лёгкая	20-10	25-35	30-40	
4	Песок	мелкий	< 10	25-30	35-40	0,26-0,25
		средний		35-40	40-50	
		крупный		40-50	45-55	

Приложение 2.3 Расстояния между дренами в торфяных грунтах при норме атмосферных осадков 600-700 мм, (м)

№ п/п	Мощность слоя торфа	Торф древесный и тростниковый		Торфа других видов		Падение депрес- сионной кривой $\Delta h, м$
		при степени разложения торфа				
		> 40%	< 40%	> 40%	< 40%	
I. Торфяники подстилаются хорошо водопроницаемыми грунтами (песок, супесь)						
1	0,6-0,9	24	25-26	27	28-29	0,20-0,30
2	0,9-1,2	26	27-28	29	30-31	
3	1,2-1,5	28	29-30	31	32-33	
4	> 1,5	30	31-32	33	34-35	
II. Торфяники подстилаются водонепроницаемыми грунтами						
1	0,6-0,9	20	21-22	23	24-25	0,20-0,25
2	0,9-1,2	20	23-24	25	26-27	
3	1,2-1,5	24	25-26	27	28-29	
4	> 1,5	25	26-28	29	30-32	

Примечания: 1. При норме осадков > 700 мм междреннее расстояние увеличивается на 15 %.

2. При использовании земель под лугопастбищные угодья и сенокосы междреннее расстояние увеличивается на 10-15 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Гидрологические расчетные показатели стока

Приложение 3.1 Расчетные формулы и показатели для установления параметров дренажного стока

3.1.1 Расчетные формулы

Модуль дренажного стока (по данным УкрНИИГиМ):

$$q_{P\%} = q \cdot K_0 \cdot K_B \cdot K_P, л/с \cdot га$$

где q – модуль стока заданной обеспеченности для расчетного периода при годовой норме осадков 500 мм и расстоянии между дренами 10м (3.1.2);

K_0 - коэффициент, зависящий от годовой нормы осадков (3.1.3);

K_B - коэффициент, зависящий от водопроницаемости почв (3.1.3);

K_P — коэффициент, зависящий от расстояния между дренами;

T – продолжительность расчетного периода, сут.

Объем дренажного стока: $W_{P\%} = 86,4 \cdot q_{P\%} \cdot T, м^3 / га$

Слой дренажного стока: $h_{P\%} = 8,64 \cdot q_{P\%} \cdot T, мм$

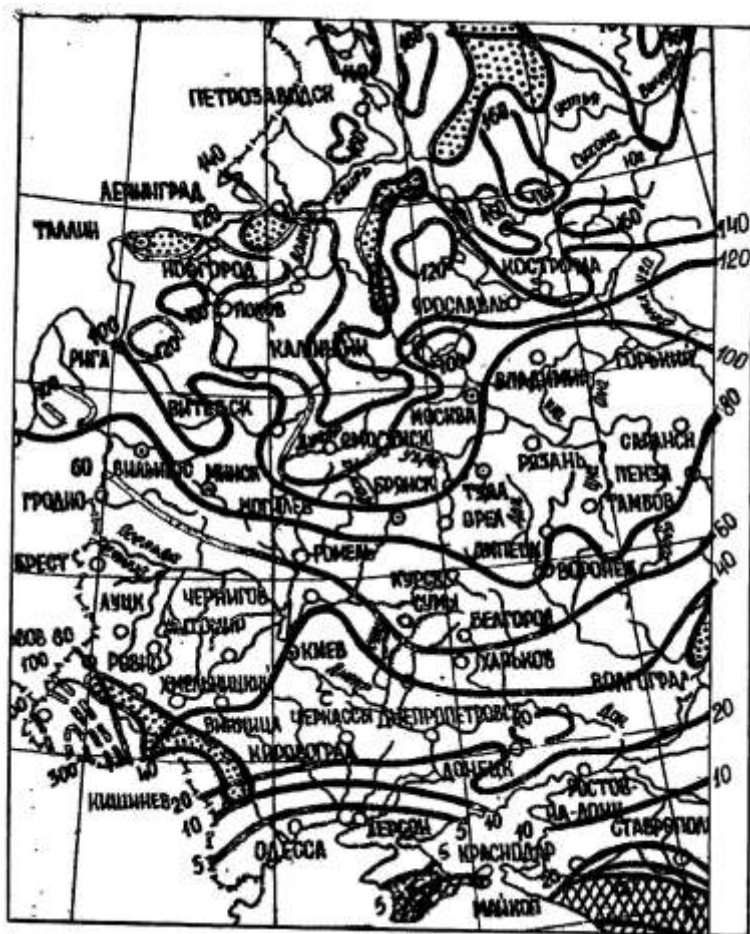
3.1.2 Модули дренажного стока для расчетных периодов

Обеспеченность стока, %	Модули стока, л / с · га					
	Максимальный (весенний)	Предпосевной (средний за 10 суток)	Послепосевной (средний за период стока)	Летне-осеннего паводкового стока (ср. за 10 сут)	Летне-осенняя межень (ср. за месяц)	Средний за весь период стока
10	1,15	0,70	0,40	0,95	0,35	0,60
25	0,95	0,60	0,30	0,75	0,25	0,52
50	0,75	0,50	0,25	0,60	0,20	0,40

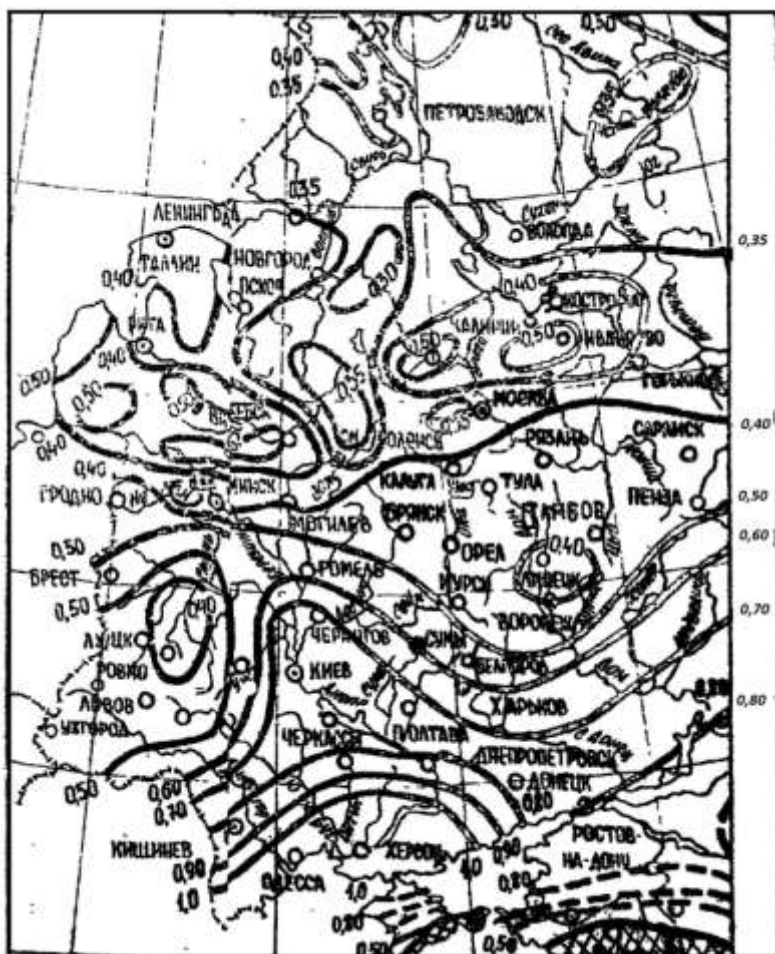
3.1.3 Значения коэффициентов K_o , K_v , K_p

Расстояние между дренажами, м	K_p	Годовая норма осадков, мм	K_o	Степень водопроницаемости	Коэффициент фильтрации, см/с	K_v	
						торф	минеральные грунты
5	1,38	500-600	1,00	Малая	0,0005	0,80	0,70
10	1,00	600-700	1,19	Средняя	0,001-0,0005	1,00	0,90
20	0,70	700-800	1,21	Большая	> 0,001	1,30	1,38
30	0,65	800-900	1,26				
40	0,59						

Приложение 3.2 Карта изолиний среднемноголетнего слоя стока весеннего половодья (h), мм



Приложение 3.3 Карта изолиний коэффициента вариации (C_v)



Приложение 3.4 Ординаты кривой (K_p) трёхпараметрического гамма-распределения при $C_s = 2C_v$

C_v	Обеспеченность стока (p), %							
	75	90	1	3	5	10	20	50
0,1	0,931	0,874	1,25	1,20	1,17	1,13	1,08	0,997
0,2	0,858	0,754	1,52	1,41	1,35	1,26	1,16	0,986
0,3	0,784	0,640	1,82	1,64	1,54	1,40	1,24	0,970
0,4	0,708	0,532	2,16	1,87	1,74	1,54	1,31	0,948
0,5	0,634	0,436	2,51	2,13	1,94	1,67	1,38	0,918
0,6	0,556	0,352	2,89	2,39	2,15	1,80	1,44	0,886
0,7	0,489	0,272	3,29	2,66	2,36	1,94	1,50	0,846
0,8	0,416	0,208	3,71	2,94	2,57	2,06	1,54	0,800
0,9	0,352	0,154	4,15	3,21	2,78	2,19	1,58	0,748
1,0	0,288	0,105	4,60	3,51	3,00	2,30	1,61	0,693
1,1	0,241	0,074	6,05	3,80	3,22	2,40	1,62	0,640
1,3	0,146	0,030	6,02	4,42	3,60	2,57	1,62	0,520
1,5	0,077	0,009	7,08	4,98	3,96	2,70	1,59	0,405

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Гидравлические показатели мелиоративной сети

Приложение 4.1 Коэффициенты шероховатости труб

№ п/п	Наименование и характеристика труб	Коэффициенты шероховатости
1	Керамические (гончарные) длиной менее 1 м	0,017
2	Пластмассовые гофрированные	0,013-0,015
3	Пластмассовые гладкие	0,010-0,013
4	Асбестоцементные	0,013
5	Бетонные (железобетонные)	0,015

Приложение 4.2 Коэффициенты шероховатости каналов

№ п/п	Характеристика русла, тип крепления	Коэффициенты шероховатости (<i>n</i>)
<i>I. Каналы в земляном русле при пропуске расходов 1-25 м³/с</i>		
1	Глинистые грунты, супесь, песок, торф	0,030
2	Гравелисто-галечниковые и прочие грунты с примесью камней и гальки	0,0325
<i>II. Каналы с облицовкой</i>		
1.	Бетонная облицовка, хорошо отделанная	0,012-0,014
2	Бетонная облицовка грубая	0,015-0,017
3	Сборные бетонные лотки	0,012-0,015
4	Покртия из асфальтобетонных материалов	0,013-0,016
5	Одернованное русло	0,030-0,035

**Приложение 4.3 Значения неразмывающих скоростей
при $R=1\text{ м}$ для осушительных каналов в земляном русле**

Грунты	Допустимая скорость, м/с
Глина	1,10
Суглинок тяжелый	1,00
Суглинок средний	0,90
Суглинок лёгкий	0,75
Супесь	0,70
Песок крупный ($d = 1 \div 2 \text{ мм}$)	0,70
Песок средний ($d = 0,5 \text{ мм}$)	0,50
Песок мелкий ($d = 0,05 \div 0,01 \text{ мм}$)	0,25
Торф сфагновый	0,65-1,20
Торф осоково-гипновый	0,55-0,90
Торф древесный	0,40
Торф хвощовый	0,80

Примечание. При $R \neq 1\text{ м}$ табличное значение скорости умножается на $\sqrt[3]{R}$.

**Приложение 4.4 Значения неразмывающих скоростей
для закреплённых русел при глубине воды от 0,6 м до 3,0 м**

Тип крепления	Допускаемая скорость, м/с
Одерновка плашмя	1,0-1,5
Жердевая стенка и выстилка	3,0-3,5
Одиночная каменная мостовая	2,5-4,0
Двойная каменная мостовая	3,5-5,0
Бетонная одежда	6,0-10,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Обобщенные показатели качества стока мелиоративных систем

Приложение 5.1

Показатели химического состава **дренажных** вод осушительных и осушительно-увлажнительных систем на **минеральных** переувлажненных землях суглинистого и супесчаного мех. состава в гумидной зоне РФ (в зоне распространения грунтовых вод преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией до 1,0 г/л)

Показатели химического состава воды	Единица измерения показателя	Пропашные севообороты с внесением органических удобрений 0-100 т/га и минеральных N=35-180, P=20-110, K=30-220 кг/га действ. вещества			Лугопастбищные севообороты с внесением минеральных удобрений N=40-200, P=20-120, K=40-240 кг/га действ. вещества			Овощные севообороты, севообороты с высоким уровнем агротехники и при внесении повышенных доз удобрений		
		весна	лето	осень	весна	лето	осень	весна	лето	осень
pH	ед. pH	6,5	7,0	6,7	7,4	7,4	7,1	6,4	6,9	6,4
Ca ²⁺	мг/л	70	78	84	80	100	100	54	93	101
Mg ²⁺	мг/л	24	25	32	30	40	24	29	30	38
Na ⁺	мг/л	33	34	34	14	18	13	56	51	56
K ⁺	мг/л	9	10	11	4	5	3,5	18	20	16
NH ₄ ⁺	мг/л	1,4	1,4	1,2	0,9	0,9	1,3	3,2	3,2	2,8
HCO ₃ ⁻	мг/л	240	215	204	320	320	290	312	280	256
SO ₄ ²⁻	мг/л	59	59	76	42	49	42	88	89	114
Cl ⁻	мг/л	66	68	75	44	45	60	70	77	89
NO ₃ ⁻	мг/л	11	20	19	6	4	6	45	82	78
NO ₂ ⁻	мг/л	0,6	0,19	0,15	0,09	0,05	0,17	1,0	0,40	0,20
сумма ионов	мг/л	530	570	600	550	600	620	636	684	720
P _{мин}	мг/л	0,13	0,11	0,09	0,18	0,14	0,14	0,19	0,11	0,08
Fe _{общ}	мг/л	0,8	1,2	0,9	1,0	1,3	1,3	0,15	1,4	1,0
ПО	мг(O ₂)/л	12	6	9	11	12	12	12	6	9
ХПК	мг/л	-	(33)	(68)	16	26	34	-	(33)	(68)
БПК ₅	мг/л	-	-	(3,8)	2,0	1,5	1,4	-	-	(3,8)

Приложение 5.2

Показатели химического состава **дренажных** вод осушительных и осушительно-увлажнительных систем на **торфяных** почвах различной мощности, включающих и погребенный торф в гумидной зоне РФ (в зоне распространения гр. вод преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого состава с минерализацией до 1 г/л)

Показатели химического состава воды	Единица измерения показателя	Пропашные севообороты с внесением минеральных удобрений N=30-200, P=30-200, K=90-260 кг/га действ. вещества			Лугопастбищные севообороты с внесением минеральных удобрений N=60-150, P=60-120, K=120-180 кг/га действ. вещества			Овощные севообороты, севообороты на высококультурных высокозольных (>20%) торфяниках и при внесении повышенных доз удобрений		
		весна	лето	осень	весна	лето	осень	весна	лето	осень
pH	ед. pH	6,7	6,9	6,7	6,8	6,5	6,8	7,3	7,6	6,8
Ca ²⁺	мг/л	80	90	87	60	50	62	104	117	113
Mg ²⁺	мг/л	26	34	29	17	18	21	29	35	32
Na ⁺	мг/л	34	34	44	3,4	4,2	5,1	43	43	45
K ⁺	мг/л	2,6	3,7	1,8	2,2	1,7	1,3	3,2	3,5	2,8
NH ₄ ⁺	мг/л	1,7	1,0	0,8	1,0	1,3	1,9	3,5	2,1	1,7
HCO ₃ ⁻	мг/л	330	380	340	130	140	150	340	375	345
SO ₄ ²⁻	мг/л	60	45	54	30	25	20	168	126	151
Cl ⁻	мг/л	35	40	40	22	20	18	51	53	55
NO ₃ ⁻	мг/л	8,0	11,0	2,0	1,5	1,0	1,1	29	39	8
NO ₂ ⁻	мг/л	0,16	0,10	0,05	0,05	0,02	0,02	0,17	0,11	0,07
сумма ионов	мг/л	610	650	640	244	248	318	730	780	768
P _{мин}	мг/л	0,63	0,28	0,32	0,80	0,60	0,70	0,71	0,40	0,42
Fe _{общ}	мг/л	3,7	1,6	1,1	2,3	1,8	2,7	3,7	1,6	1,1
ПО	мг(O ₂)/л	11	(15)	14	20	22	18	11	(15)	15
ХПК	мг/л	-	(33)	(68)	26	32	34	-	(32)	(66)
БПК ₅	мг/л	-	-	(3,8)	3,3	2,5	2,7	-	-	(3,7)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Исходные данные для выполнения практических заданий

1. Агроклиматическая характеристика

Мелиорируемый участок входит в умеренно-континентальную климатическую зону.

Средняя годовая температура воздуха составляет около 5°C. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C к положительным значениям весной происходит в конце марта, а осенью к отрицательным – в середине ноября. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 225 суток (на почве около 130 суток), период с температурой выше 5°C – 180 суток, а выше 10°C – 140 суток.

Вегетационный период с устойчивым переходом температуры воздуха через 5°C начинается в середине апреля и заканчивается в середине октября.

Сумма температур воздуха за период вегетации колеблется в пределах 2400-2800°C.

По количеству осадков район относится к зоне умеренного увлажнения. Среднее многолетнее годовое количество осадков составляет 760мм. Около 65% годовой нормы осадков выпадает за вегетационный период. Летом значительная часть осадков выпадает в виде сильных дождей и кратковременных ливней.

Среднедекадные значения температуры воздуха и атмосферных осадков для вегетационного периода приводятся в таблицах 1.7 и 1.8.

Устойчивый снежный покров образуется обычно в первой половине декабря. Разрушение снежного покрова происходит в конце марта. Окончательный сход снежного покрова наблюдается в первой декаде апреля. Величина запасов воды в снеге для года 10% обеспеченности составляет 135-140мм.

Средняя глубина промерзания почвы по многолетним данным составляет 80см, наибольшая – 110см.

Около 60-80% атмосферных осадков затрачивается на испарение с поверхности суши. За вегетационный период испарение по среднемноголетним данным составляет 426мм.

Недостаточная обеспеченность растений влагой, особенно в первой половине лета, может значительно снижать урожайность с/х культур, что указывает на необходимость проведения увлажнительных мероприятий на осушаемых землях.

Таблица 1 - Среднедекадные значения температуры воздуха для года 75% обеспеченности (по осадкам), °С.

Агроклима- тический район	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I	2	5	8	10,5	12,5	14,5	15,7	16,7	17,5	18	18,4	18,5	18,1	16,7	15,2	13,1	11	9
II	2	5	8	11,5	13,0	14,5	16,0	16,5	17,0	18	18,5	18,5	18,0	16,0	15,0	13,6	12	10

Таблица 2 - Среднедекадные суммы атмосферных осадков (по среднемноголетним данным), мм.

№ п/п	Агрокли- матический район	Метео- станция	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	I	Жуковка	12	13	14	16	18	19	21	22	23	24	25	25	23	21	20	17	14	13
2		Брянск	11	11	12	17	18	20	20	22	26	26	28	28	26	22	16	16	15	15
3		Карачев	10	11	12	16	18	20	20	21	23	25	27	28	25	21	17	15	15	15
4	II	Кр. гора	12	14	15	16	17	17	20	23	24	27	27	26	24	22	18	17	17	16
5		Почеп	10	11	12	13	15	17	18	20	22	24	25	25	22	19	17	15	15	14
6		Навля	11	12	14	16	18	20	21	23	24	27	29	28	25	22	19	17	16	16
7		Унеча	12	14	16	17	17	18	20	24	26	27	29	28	26	22	19	18	17	17
8		Клинцы	12	15	17	17	18	20	22	24	27	29	30	29	27	23	20	19	18	18
9		Стародуб	11	13	14	15	16	18	19	22	25	26	27	29	25	21	18	17	16	15
10		Трубчевск	11	12	14	15	17	18	20	22	24	26	28	28	25	22	19	17	16	16
11		Злынка	13	13	14	16	18	19	21	22	24	25	25	25	23	22	19	16	14	14
12		Севск	11	12	14	15	18	20	24	22	25	28	30	20	26	22	19	17	17	16

Таблица 3 - Сельскохозяйственное использование пахотных земель

№ п/п	Наименование севооборота	С/х культуры в составе севооборота	Рекомендуемое число полей	Расчетная культура по режиму орошения
1	Полевой	Многолетние травы Озимая рожь Кукуруза на силос	3...4 1...2 1...3	Многолетние травы
2	Полевой	Многолетние травы Ячмень Свекла кормовая	3...4 1...2 2...3	Свекла кормовая
3	Овощекормовой	Многолетние травы Картофель Капуста	2...4 2...3 2...3	Капуста
4	Овощекормовой	Многолетние травы Морковь Томаты	3...4 2...3 1...2	Морковь
5	Овощекормовой	Многолетние травы Лук репчатый Свекла столовая	3...4 1...3 1...3	Свекла столовая
6	Овощной	Многолетние травы Капуста Огурцы Томаты Корнеплоды Картофель поздний	2 1 1 1 2 1	Картофель
7	Кормовой	Многолетние травы Яровые зерновые Кукуруза на силос	3...4 2 1	Кукуруза

Таблица 4 - Почвенно-геологические условия.

№ п/п	Почвы	Подстил. порода и коэфф. филь- трации	Показатели влагоемкости почвы	Уровень влажности почвы в м ³ /га в соответствующих слоях почвы, см							
				10	20	30	40	50	60	70	80
1	Дернов- подзолист. глеевые супесчаные	Супесь средняя K=0,9 м/сут	Полная влагоемкость (ПВ).	520	780	1150	1440	1720	1970	2250	2500
			Предельная полевая влаг. (ППВ).	340	660	820	1030	1180	1350	1500	1670
			Влажность завядания (ВЗ).	250	410	520	650	730	820	900	1000
2	Дерново- аллювиальн. супесчаные	Супесь легкая K=0,7 м/сут	ПВ	580	920	1340	1600	2020	2300	2710	3050
			ППВ	370	650	860	1120	1320	1550	1780	2020
			ВЗ	240	420	550	700	840	980	1120	1250
3	Дерново- подзолистые легкосугли- нистые	Легкий суглинок K=0,4 м/сут	ПВ	610	1030	1450	1840	2300	2750	3200	3600
			ППВ	500	820	1120	1430	1750	2080	2370	2700
			ВЗ	360	580	800	1020	1240	1430	1660	1870
4	Дерновые среднесу- глинистые	Средний суглинок K=0,3 м/сут	ПВ	650	1140	1620	2080	2570	3080	3540	4100
			ППВ	520	870	1200	1540	1880	2250	2620	2950
			ВЗ	230	320	650	980	1750	1330	1560	1900
5	Торфяно- подз. глеева- тые (торф 1,5-2 м, K=0,6 м/сут)	Песок K=1,2 м/сут	ПВ	830	1660	2460	3250	4070	4920	5780	6640
			ППВ	630	1300	1960	2600	3200	3800	4360	4950
			ВЗ	300	620	900	1200	1520	1800	2060	2300
6	Торфяно- перегнойные (торф 2-3 м, K=0,8 м/сут)	Песок K=1,8 м/сут	ПВ	780	1540	2280	3020	3780	4500	5160	5800
			ППВ	550	1080	1600	2100	2660	3180	3660	4120
			ВЗ	270	500	750	1000	1260	1480	1680	1900

Таблица 5 - Дополнительные данные по водно-физическим свойствам почвогрунтов

Почвы	Пористость P_{cp} в % к объему	Влажность завядания BZ_{cp} в % к объему	Макс. высота капилляр. поднятия H_k , см
1. Супесчаные дерново-подзолистые глеевые	30...35	7...10	100...110
2. Супесчаные дерново-аллювиальные	30...35	8...12	110...120
3. Суглинистые дерново-подзолистые:			
- легкие	45...50	12...18	140...160
- средние	50...55	18...22	160...180
- тяжелые	55...60	22...25	180...220
4. Торфяно-подзолистые глеевые среднеразложившиеся	75...85	24...30	80...100
5. Торфяно-перегнойные сильно- разложившиеся	65...75	20...26	70...90

Таблица 6 - Марки дождевальных машин и мероприятия экологического характера

№ п/п	Марка дожде- вальной машины	Расчетный вопрос экологического характера	Группа мероприятий приро- доохранного характера
1	ДДН-70Ш	Оценка качества стока мелио- ративной системы	По предотвращению загряз- нения вод реки-водопр.
2	ДДН-100Ш	Расчет снижения уровня грун- товых вод на прилегающей территории	По охране флоры и фауны
3	ДДН-150Ш	Оценка химического загряз- нения водоприемника	Противопожарные меропри- ятия на торфяниках
4	ДКТ-80	Расчет доз внесения органиче- ских удобрений для восстано- вления плодородия почв, наруша- емого производством мелиора- тивно-строительных работ	По охране почв и растительности
5	ДКШ-64А	Расчет концентрации выноса химических веществ в водо- приемник мелиоративной си- стемы (по нитратам)	По охране вод реки-водоприемника
6	ДШ-30 или РЗ-75(ПЗТ-75)	Установление зон влияния мелиоративной системы	По сохранению раститель- ности и облагораживанию ландшафта

Таблица 7 - Основные агротехнические данные по с/х культурам

С/х культуры	Период вегетации, месяц (декада)		Глубина корнеобитаемого слоя, см		Ниж. предел оптим. влажн. НОП, % от ППВ
	начало	конец	на торфяных почвах	на минер. почвах	
Многолетние травы	IV(2)	IX(3)	50	60	70...75
Озимая рожь	IV(2)	VII(2)	40	50	60...70
Ячмень	IV(3)	VII(3)	40	50	65...70
Кукуруза (силос)	V(2)	VIII(3)	60	80	70...75
Кормовая свекла	V(1)	IX(2)	60	70	70...80
Свекла столовая	V(1)	VIII(3)	50	60	70...80
Морковь	IV(3)	IX(2)	50	60	75
Картофель	V(1)	IX(1)	60	70	65...75
Капуста	V(2)	IX(3)	60	70	75...80
Томаты	V(3)	VII(3)	50	60	70
Лук репчатый	V(1)	III(3)	30	40	70

Примечание. Слой прироста корневой системы принимается в среднем 10см за декаду.

Таблица 8 - Глубина залегания грунтовых вод на осушительной системе в вегетационный период

Месяц	Декада	Расчетная глубина залегания грунтовых вод, см	
		севооборотный участок, осушаемый закрытым дренажом	сенокос, осушаемый открытыми каналами
Апрель	—	60	60
Май	1	60	60
	2	70	70
	3	80	80
Июнь	1	90	80
	2	90	80
	3	90	80
июль	1	100	90
	2	100	90
	3	100	90
Август	1	100	90
	2	100	90
	3	100	90
Сентябрь	1	90	80
	2	90	80
	3	90	80

Приложение 7 Варианты исходных данных

№ вариантов задания	Номера строк соответствующих таблиц приложения 6					
	Метеостан- ция (табл. 2)	Почвенно- геологические условия (табл. 4 и 5)	Использов. пахотных земель (табл. 3)	Марка дож- девальн. машины (табл. 6)	Топограф. план участка –	Меропр. экологич. хар-ра (табл. 6)
1	1	1	1	1	0	1
2	2	2	2	2	1	2
3	3	3	3	3	2	4
4	4	4	4	4	3	5
5	5	5	5	5	4	3
6	6	6	6	6	5	3
7	7	1	7	1	6	6
8	8	2	1	2	7	6
9	9	3	2	3	8	5
10	10	4	3	4	9	4
11	11	5	4	5	0	3
12	12	6	5	6	1	3
13	1	6	6	1	2	3
14	2	5	7	2	3	3
15	3	4	7	3	4	1
16	4	3	6	4	5	2
17	5	2	5	5	6	4
18	6	1	4	6	7	5
19	7	1	3	1	8	6
20	8	2	2	2	9	1
21	9	3	1	3	0	2
22	10	4	1	4	1	4
23	11	5	2	5	2	3
24	12	6	3	6	3	3
25	1	3	4	1	4	5
26	2	2	5	2	5	6
27	3	1	6	3	6	6
28	4	6	7	4	7	3
29	5	5	1	5	8	3
30	6	4	2	6	9	5
31	7	2	3	1	0	4
32	8	3	4	2	1	2
33	9	4	5	3	2	1
34	10	5	6	4	3	3
35	11	6	7	5	4	3
36	12	1	7	6	5	2
37	1	6	6	1	6	3
38	2	5	5	2	7	3
39	3	4	4	3	8	4
40	4	3	3	4	9	5
41	5	2	2	5	0	6
42	6	1	1	6	1	1
43	7	6	1	1	2	3
44	8	5	2	2	3	3
45	9	4	3	3	4	2
46	10	3	4	4	5	4
47	11	2	5	5	6	5
48	12	1	6	6	7	6
49	1	6	7	1	8	3
50	2	5	1	2	9	3

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Условные обозначения к схемам и планам мелиоративных систем

-  Осушительные каналы: 1-открытые осушители, 2-магистральный канал, 3-открытые коллекторы, 4-нагорно-ловчие каналы
-  Границы угодий (лесополюсы)
-  Дорога с покрытием (5)
-  Закрытый дренаж (7)
-  Закрытые коллекторы с устьем (6)
-  Граница поля, севооборота (8)
-  Закрытый оросительный трубопровод (9) с гидрантами (10)
-  Наземный передвижной водовод-питатель с гидрантами (11)
-  Трубопроводный колодец (12)
-  Насосная станция (13)
-  Переезд трубчатый
-  Мостовой переезд
-  Регулятор-переезд трубчатый

Литература

1. В.А. Анисимов, К.В. Губер и др. Справочник мелиоратора. - М.: Россельхозиздат. 1980.- 256 с.
2. К.В.Губер, В.Г.Круцко, Е.П.Панов. Мелиорация земель в Нечерноземной зоне. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 224с.
3. А.И.Дунаев. Проектирование осушительной системы. Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию. - Брянск: БГСХА, 2010. -104с.
4. А.И.Дунаев. Оценка воздействия и природоохранные мероприятия при осушении с/х земель. Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. - Брянск: БГСХА, 2012. -130с.
5. А.И. Дунаев, Л.А. Зверева. Проектирование осушительной сети: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Брянск: БГСХА, 2011. – 154с.
6. Г.В.Железняков, Т.А.Неговская, Е.Е.Овчаров. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. – М.: Колос, 1984. – 432с.
7. В.В.Колпаков, И.П.Сухарев. Сельскохозяйственные мелиорации. – М.: Агропромиздат, 1988. – 320с.
8. Н.Н. Кременецкий, Д.В. Штеренлихт и др.. Гидравлика. - М.: Энергия, 1980. -384с.

9. Б.С. Маслов, И.В. Минаев. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 271с.
10. Б.С. Маслов, И.В. Минаев, К.В. Губер. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989.-384 с
11. Мелиорация и водное хозяйство: Справочник, т.3 «Осушение»/под ред. Б.С. Маслова.- М.: Агропромиздат, 1985. - 448с.
12. Мелиорация и водное хозяйство: Справочник, т.6 «Орошение»/под ред. Б.Б. Шумакова.- М.: Агропромиздат, 1990. -416с.
13. Руководство по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем.- М.: Главнечерноземводстрой, 1976.- 133с.
14. СНиП 2.06.03 – 85. Мелиоративные системы и сооружения.

Учебное издание

Дунаев Александр Иванович

Кровопускова Валентина Николаевна

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ
СИСТЕМЫ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ**

Учебное пособие по выполнению практических заданий
по дисциплине «Мелиорация»

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 06.02.2013 г. Формат 60х84 ¹/₁₆.
Бумага печатная. Усл. п. л.15,11. Тираж 100 экз. Изд. № 2290.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии.
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА