

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Кафедра природообустройства и водопользования

Дунаев А.И.

**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

Учебно-методическое пособие

Брянск - 2021

УДК 626.8:631.6. (07)

ББК 40.6

Д 83

Дунаев, А. И. Воздействие на окружающую среду гидромелиоративных природно-техногенных комплексов: учебно-методическое пособие / А. И. Дунаев. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 68 с.

Данное пособие охватывает характерные вопросы по оценке воздействия на окружающую природную среду природно-техногенных комплексов водохозяйственного характера – комплексов, состоящих из гидромелиоративных систем и водохранилищ. Рассматриваемые вопросы имеют проектный характер, представляют собой задачи авторской экспертизы, решаемые при проектировании соответствующих типов водохозяйственных ПТК. Излагаются методики соответствующих прогнозных расчётов и расчётные формулы - с их графическими иллюстрациями. Приводятся конкретные примеры исполнения расчётов, а также исходные материалы - данные для выполнения практических заданий.

Рекомендуется студентам для самостоятельной работы - как при решении расчётно-практических задач по дисциплине «Природно-техногенные комплексы», так и при выполнении курсовых работ и ВКР по соответствующей тематике.

Ориентировано на бакалавриат, обучающийся по профилю подготовки: «Инженерные системы с/х водоснабжения, обводнения и водоотведения».

Рецензенты: Е.А. Мельникова – к.т.н., доцент кафедры промышленной экологии и техносферной безопасности БГИТУ.

В.Ф. Василенков – д.т.н., профессор кафедры природообустройства и водопользования БГАУ.

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета энергетики и природопользования Брянской государственной с/х академии, протокол № 4 от 29 января 2021 года.

© Брянский ГАУ, 2021

© Дунаев А.И., 2021

Содержание

Введение	4
1 Вводная часть и исходные материалы	
1.1 Содержание и суть расчётно-письменных работ	5
1.2 Исходные данные и характеристика проектируемых ПТК	6
1.3 Воздействие ПТК на окружающую среду	9
2 Трансформация природной геосистемы	
2.1 Проектная трансформация природной геосистемы	10
2.2 Оценка общей экологической устойчивости преобразуемой территории	12
3 Установление зон влияния ПТК	
3.1 Установление границ зон влияния ПТК	18
3.2 Определение размеров зон влияния ПТК	19
3.3 Установление размеров водоохранных зон рек, входящих в состав ПТК.....	23
4. Прогнозирование основных воздействий ПТК на природные геосистемы	
4.1 Расчёт снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории.....	27
4.2 Оценка трансформации торфяной залежи на мелиорируемых торфяниках.....	34
4.3 Оценка противопожарной водообеспеченности мелиорируемых торфяников	39
4.4 Оценка загрязнения грунтовых вод при использовании сточных вод для орошения	42
4.5 Оценка химического загрязнения реки-водоприёмника	48
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1. Исходные данные для выполнения практических заданий	58
Приложение 2. Варианты схем плановой компоновки ПТК	61
Приложение 3. Структурная характеристика вариантов ПТК	63
Приложение 4. Ландшафтный профиль прилегающей к ПТК территории.....	65
Литература	66

Введение

Природно-техногенный комплекс (ПТК) рассматривается как особая техноприродная система, в которую встраиваются техногенные, инородные для природы компоненты, которые в такой системе функционируют по природным законам.

В данном случае ПТК представляют собой водохозяйственные объекты - инженерно-мелиоративные системы и водохранилищные гидроузлы, широко используемые в условиях гумидной зоны РФ как в сфере природообустройства, так и природопользования. В качестве основных техногенных компонентов ПТК рассматриваются водохранилища, линейные сооружения гидромелиоративных систем (каналы, трубопроводы), различные коммуникации, а также с/х поля и прочие угодья.

Создаваемые ПТК данного типа - в процессе своего функционирования - могут оказывать существенное влияние и воздействие, как на отдельные компоненты преобразуемых ландшафтов, так и на прилегающие природные геосистемы. Вносимые изменения в окружающую среду в отдельных случаях, могут быть значительными и иметь как негативный, так и необратимый характер. В данных условиях это касается, прежде всего, следующих природных процессов функционирования ПТК:

- движение почвенно-грунтовой влаги и подземных вод;
- водные и геохимические круговороты.

Основными проблемными задачами при проектировании и создании такого типа ПТК являются:

- оценка техногенного воздействия и определение допустимой антропогенной нагрузки;
- долговременное прогнозирование качественных и количественных изменений в окружающей среде прилегающих территорий.

Прогнозные расчёты по оценке воздействий ПТК на окружающую среду являются составной частью авторской экологической экспертизы - при проектировании данных ПТК. Кроме того, результаты этих расчётов широко используются при обосновании соответствующих проектных решений, а именно:

- при обосновании конструктивных параметров инженерных мероприятий;
- при проработке природоохранных мероприятий, направленных на предотвращение, либо сведение к минимуму техногенных воздействий ПТК в процессе его эксплуатации.

В данном случае, при оценке воздействий ПТК, рассматриваются воздействия на почвенный покров, водные объекты (водоисточники и водоприёмники ГМС), а также воздействия на гидрогеологические условия как непосредственно на площади создаваемого ПТК, так и на части прилегающей территории - в пределах размеров нормативных зон влияния.

1 Вводная часть и исходные материалы

1.1 Содержание и суть расчётно-письменных работ

1.1.1 Общие положения

Для строящегося природно-техногенного комплекса (ПТК), состоящего из инженерно-мелиоративных систем, требуется выполнить следующее:

1. Дать общую качественную оценку возможных воздействий ПТК на природную геосистему (в процессе его функционирования).

2. Установить размеры водоохранных зон и основных зон воздействия ПТК на прилегающую территорию.

3. Выполнить основные прогнозные расчёты - по оценке основных воздействий ПТК на природные компоненты ландшафтов как на территории ПТК, так и на прилегающих территориях.

4. Сделать соответствующие выводы по итоговым результатам расчётов - т.е. дать рекомендации по проведению мероприятий, направленных либо на снижение, либо на полное предотвращение негативных воздействий ПТК на природные объекты.

1.1.2 Требования к выполнению расчётно-письменных работ

Расчётно-письменные задания по тематике: «*Оценка воздействия гидро-мелиоративного ПТК на окружающую среду*» могут выполняться и оформляться в виде единой расчётно-письменной работы.

При выполнении каждого задания (раздела-главы) требуется отражать и приводить:

- ключевые нормативно-технические положения по рассматриваемой теме;
- расчётные формулы, их компоненты и обоснование принимаемых расчётных показателей;
- исполнение расчёта;
- итоговые выводы по конечным результатам расчётов.

Графическая часть выполняемой работы будет содержать иллюстрации расчётных схем и плановую схему ПТК. Расчётные схемы приводятся в излагаемом тексте – по мере изложения, а крупные схемы могут оформляться в виде отдельных приложений.

1.1.3 Содержание расчётно-письменной работы

Ниже приводится ориентировочный состав (содержание) расчётно-пояснительной части работы по тематике: «*Оценка воздействия гидромелиоративного ПТК на окружающую среду*».

Содержание

1. Исходные данные и характеристика ПТК.

1.1. Исходные данные.

1.2. Характеристика ПТК и его воздействие на ландшафты.

2. Трансформация природной геосистемы.

2.1. Проектная трансформация природной геосистемы.

2.2. Оценка общей экологической устойчивости преобразуемой территории.

3. Установление зон влияния ПТК

3.1. Установление размеров зон влияния ПТК.

3.2. Определение размеров водоохранных зон.

4. Прогнозирование основных воздействий ПТК на природные геосистемы.

4.1 Оценка воздействия на гидрогеологический режим прилегающей территории.

4.2. Оценка воздействия на мелиорируемые торфяники.

4.3. Оценка химического загрязнения природных водных объектов.

Литература.

Приложения.

1.2 Исходные данные и характеристика проектируемых ПТК

1.2.1 Исходные данные

Для выполнения практических задач, согласно варианту задания, предусматриваются следующие исходные материалы:

1. Местоположение ПТК - Брянская область.

2. Схема плановой компоновки ПТК М1:25000 (прилож. 2).

3. Площадь ПТК: $A = \dots$ га (прилож. 1).

4. Структурная характеристика ПТК (прилож. 3).

5. Ландшафтный профиль прилегающей к ПТК территории (прилож. 4).

6. Гидрогеологические условия (прилож. 1):

- грунт - ;
 - мощность водоносного горизонта $H = \dots$ м (песок), его коэффициент фильтрации $K = \dots$ м/сут;
 - средний уклон поверхности грунтовых вод $I = \dots$.
7. Гидрографические и гидрологические показатели (прилож. 1):
- ширина русла реки: $B_p = \dots$ м; протяжённость реки $L_p = \dots$ км;
 - площадь водосбора реки в створе ПТК: $A_p = \dots$ км²;
 - расход реки в период летней межени (75% обесп.): $Q = \dots$ м³/с.
8. Показатели торфа мелиорируемых торфяников (прилож. 1):
- исходная мощность торфа: $H_0 = \dots$ м;
 - допустимый слой сработки торфяной залежи: $[\Delta H] = \dots$ м .
9. Показатели режим орошения (прилож. 1):
- оросительная норма: $M = \dots$ м³/га;
 - интенсивность инфильтрации оросительной воды: $\Delta W_\phi = \dots$ м³ / га · сут ;
 - концентрация азота в инфильтрате оросительной воды: $C_\phi = \dots$ мг/л.
10. Прочие данные (см. прилож. 1.1 и 1.3).

1.2.2 Характеристика проектируемых ПТК

Природно-техногенный комплекс представляет собой мелиоративные системы с комплексами природоохранных мероприятий. В состав ПТК входят гидромелиоративные системы, водохранилище, природные компоненты ландшафта и отдельные ландшафтно-экологические элементы и системы.

В качестве водоприёмника осушительных систем используется река, проходящая через территорию ПТК.

В качестве водоисточников оросительных систем используются: речное водохранилище, дренажный сток с осушительных систем и животноводческие сточные воды, подаваемые по специальному трубопроводу.

На реке, входящей в состав ПТК, выделяется водоохранная прибрежная зона-полоса, где предусматриваются искусственные лесокустарниковые насаждения и запрещаются все виды хозяйственной деятельности.

На малопродуктивных землях, примыкающих к внешнему контуру территории ПТК, предусматриваются «зелёные» зоны – участки с лесонасаждениями из хвойно-лиственных пород и с искусственным увлажнением земель. Эти компоненты ПТК выполняют ландшафтно-экологическую функцию - по компенсации «зелёного» баланса, нарушаемого строительством ПТК и по созданию дополнительной среды обитания для вытесняемой фауны.

В структурный состав конкретных схем ПТК входят следующие основные элементы:

а) схема ПТК-1

- река Надва и её прибрежная водоохранная зона с древесно-кустарниковой растительностью;

- водохранилище сезонного регулирования на р. Надва, имеющее комплексное назначение, а именно: орошение, рыбоводство и рекреация;

- зона рекреации, расположенная в береговой акватории водохранилища, где предусматривается создание специальных заливов-копаней и лесонасаждений;

- две осушительные системы закрытого типа (по обоим берегам реки), где проводящая осушительная сеть представлена открытыми каналами и закрытыми трубчатymi коллекторами, а регулирующая сеть - закрытым горизонтальным трубчатым дренажом;

-осушительно-увлажнительная система закрытого типа с элементами водооборота (на левом берегу реки), где для осуществления водооборота используется дренажный сток, накапливающийся в колодцах-накопителях и коллекторах-накопителях, а для водоподачи предусмотрена насосная станция;

-оросительная система с лесопосадками - для орошения лугопастбищных угодий (ДКП), где для полива используются широкозахватные дождевальные машины типа «Фрегат»;

-оросительная система на полях кормового севооборота - со специальным трубопроводом для подачи на орошение сточных вод, где для полива используются дождевальные машины типа «Волжанка»;

-оросительная система с неполным водооборотом ландшафтно-экологического назначения – с посадкой лесонасаждений на малопродуктивных землях, где для осуществления водооборота используется дренажный сток с осушительной системы и специальная насосная станция;

-элементы ландшафта, имеющие природоохранное и ландшафтно-экологическое назначение, располагаемые в основном по внешнему периметру территории ПТК (оставляемые в естественном состоянии и создаваемые искусственно – посредством соответствующего обустройства территории).

б) схема ПТК-2

- река Лерочь и её прибрежная водоохранная зона с существующей древесно-кустарниковой растительностью и созданием лесонасаждений;

- водохранилище сезонного регулирования на реке Лерочь, имеющее комплексное назначение, а именно: орошение, рыбоводство и рекреация;

-зона рекреации, расположенная в береговой акватории водохранилища, где предусматривается создание специальных заливов-копаней и лесокустарниковых насаждений;

- осушительная система закрытого типа (на левом берегу реки Лерочь), где проводящая осушительная сеть представлена открытыми каналами и закрытыми трубчатыми коллекторами, а регулирующая сеть - закрытым горизонтальным трубчатым дренажом;

- осушительно-оросительная система закрытого типа на землях комового севооборота - с осуществлением орошения дождеванием машинами типа «Волжанка», где для полива используются сточные воды, подаваемые по специальному трубопроводу (осушительная часть системы запроектирована закрытого типа и имеет в своём составе открытые каналы и закрытую трубчатую коллекторно-дренажную осушительную сеть);

- оросительная система с лесопосадками - для орошения лугопастбищных угодий (ДКП), где для полива используются широкозахватные дождевальные машины типов «Фрегат» и «Волжанка»;

- оросительная система с неполным водооборотом ландшафтно-экологического назначения – с посадкой лесонасаждений на малопродуктивных землях, где для осуществления водооборота используется дренажный сток с осушительной системы и специальная насосная станция;

- элементы ландшафта, имеющие природоохранное и ландшафтно-экологическое назначение, располагаемые в основном по внешнему периметру территории ПТК – как оставляемые в естественном состоянии, так и искусственно создаваемые (посредством соответствующего ландшафтно-экологического обустройства).

1.3 Воздействие ПТК на окружающую среду

Анализ природно-хозяйственных условий и проектируемых мероприятий по созданию ПТК показывает, что функционирование основных техногенных компонентов ПТК (мелиоративных систем) может вызвать ряд воздействий на природные объекты, расположенные как на территории ПТК, так и на ландшафтах прилегающих геосистем. Многие изменения от влияния ПТК могут иметь негативный характер.

В процессе функционирования данного типа ПТК прогнозируются следующие основные воздействия:

1. Снижение уровня грунтовых вод на прилегающей территории -- вследствие осушения земель на территории ПТК.

2. Ухудшение водного режима почв и почвогрунтов зоны аэрации на прилегающих ландшафтах (снижение влажности) – вследствие снижения уровня грунтовых вод, что может отрицательно воздействовать на фауну и флору прилегающей территории.

3. Сработка-утрата торфа на мелиорируемых торфяниках – вследствие их осушения и длительного интенсивного с/х использования.

4. Повышение пожароопасности на мелиорируемых торфяниках - вследствие их осушения и интенсивной хозяйственной деятельности.

5. Химическое загрязнение природных водных объектов (рек-водоприёмников, подземных вод) – при осуществлении сброса как поверхностных, так и коллекторно-дренажных воды – вследствие использования продуктов химической обработки с/х полей (применения минеральных удобрений, гербицидов, пестицидов и использования сточных вод для орошения).

6. Воздействие на флору – вследствие сведения (ликвидации) древесно-кустарниковой растительности на территории ПТК и изменения гидрогеологического режима на прилегающих ландшафтных угодьях.

7. Воздействие на фауну – вследствие ликвидации или нарушения среды её обитания и кормовой базы для многих видов животных и птиц.

8. Прочие воздействия:

- периодическое увеличение твёрдого стока реки (её загрязнение) - вследствие водной эрозии почв и деформации осушительных каналов;

- возможное загрязнение (в перспективе) подземных вод нитратами - при использовании для орошения сточных вод.

2 Трансформация природной геосистемы

2.1 Проектная трансформация природной геосистемы

Изменение природных ландшафтов - вследствие строительства природно-техногенного комплекса - показано в таблице 2.1 (на примере плановой схемы ПТК-2 - см. рис. 2.1; прилож. 2.2 и 3.2).

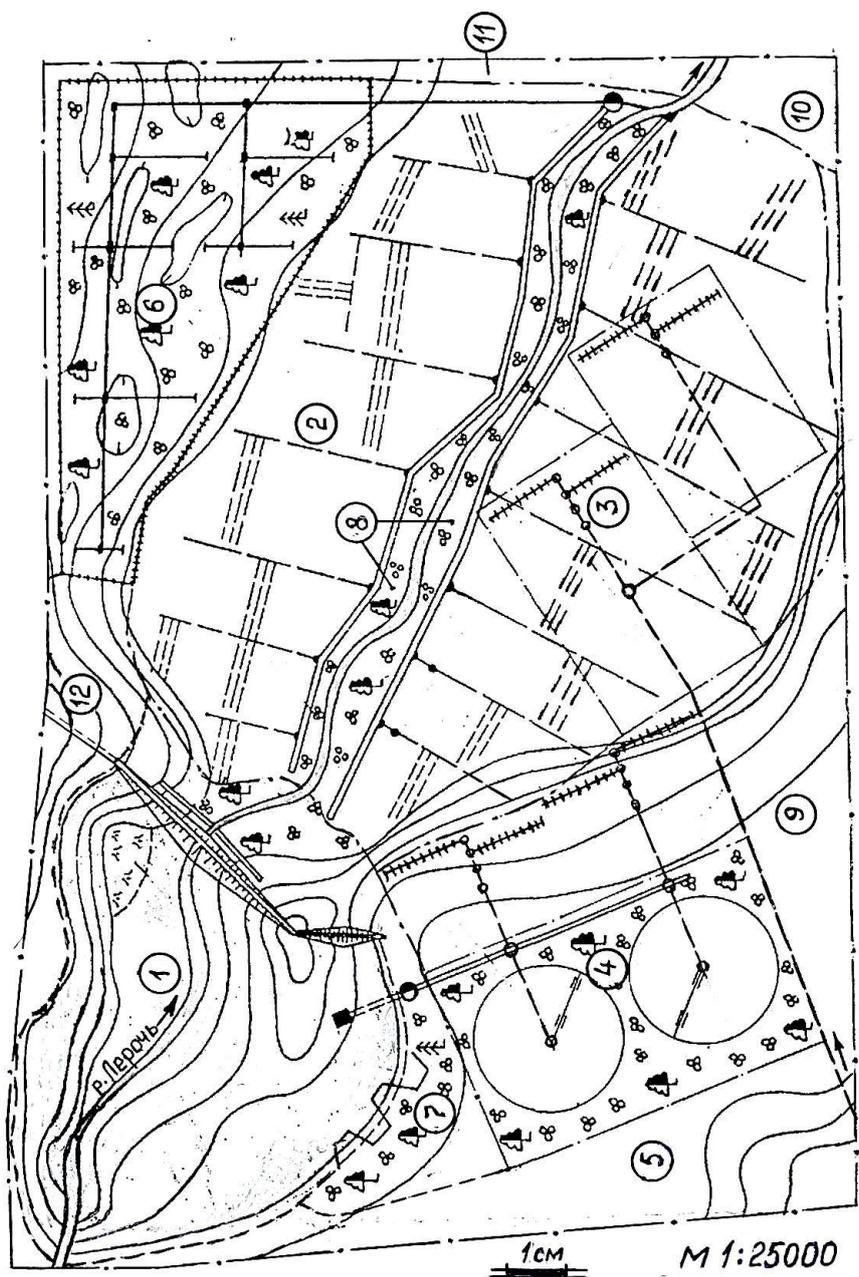


Рис. 2.1 Схема плановой компоновки природно-техногенного комплекса

Таблица 2.1 Проектные показатели трансформации природной геосистемы

Структура природной геосистемы до создания ПТК				Трансформация природной геосистемы			
№ кон-тура	наименование природных ландшафтных комплексов	площадь		наименование компонента ПТК	площадь		основное назначение и использование
		%	га		%	га	
1	Пойменный заболоченный луг	10,0	172,2	Водохранилище	10,0	172,2	Рекреация, орошение, рыборазведение
2	Болото	14,0	241,2	Осушительная система	14,0	241,2	Овощекормовой севооборот

Продолжение таблицы 2.1

3	Болото	19,5	335,8	Осушительно-оросительная система	19,5	335,8	Кормовой севооборот
4	Суходольные ландшафты с редкой д/к растительностью	11,8	203,2	Оросительная система на ДКП с лесопосадками	7,8	134,3	Долголетнее культурное пастбище
					4,0	68,9	Лесопосадки
5	Луг открытый	5,7	98,1	Лесонасаждения	5,7	98,1	Ландшафтно-экологическое обустройство
6	Суходольные малопродуктивн. земли с редкой растительностью	15,3	263,5	Оросительная система с частичным водооборотом	15,3	263,5	Зеленая зона с лесонасаждениями
7	Закустаренный луг	2,0	34,4	Зона рекреации	2,0	34,4	Рекреация
8	Приречная зона с редкой д/к растительностью	8,7	149,8	Русловая часть р. Лерочь	1,2	20,7	Остаётся в естест. состоянии
				Прибрежная зона с лесопосадками	7,5	129,1	Прибрежная водоохранная зона
9	Пашня в составе существующего полевого с/о	4,3	74,0	Пашня	4,3	74,0	Полевой севооборот
10	Луг открытый	1,4	24,1	Древесно-кустарниковые насаждения	1,4	24,1	Ландшафтно-экологическое обустройство
11	Луг открытый закустаренный	2,1	36,2	Луг открытый закустаренный	2,1	36,2	Остаётся в естест. состоянии
12	Луг открытый, эродлируемые склоны	2,3	39,6	Лесокустарниковые насаждения	2,3	39,6	Ландшафтно-экологическое обустройство
13	Прочие ландшафты	2,9	49,9	-	2,9	49,9	Остаются в естественном состоянии
Итого:		100,0	1722	-	100,0	1722	-

2.2 Оценка общей экологической устойчивости преобразуемой территории

2.2.1 Общие положения и методика расчёта

Воздействие мелиоративных мероприятий и последующая распашка мелиорируемых земель может приводить к снижению экологической устойчивости территории создаваемого ПТК. Экологическая устойчивость техноприродной территории оценивается по специальной шкале [1] – см. табл. 2.2.

Таблица 2.2 Экологическая устойчивость природных и техноприродных систем

Коэффициент стабильности (K_c)	Характер устойчивости
$\leq 0,33$	очень низкая
0,34...0,50	низкая
0,51...0,66	средняя
0,67...1,00	высокая

Цифровой показатель экологической устойчивости территории (коэффициент экологической стабильности) определяется по формуле [1]:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot K_{ci} \cdot K_{pi}}{A} \quad (2.1)$$

где A – общая площадь исследуемой территории, $км^2$;

f_i - площадь конкретного i -го угодья, $км^2$;

K_{ci} – коэффициент стабильности соответствующего ландшафтного участка (табл. 2.4);

K_{pi} - коэффициент, учитывающий геолого-морфологическую устойчивость рельефа соответствующего ландшафтного участка (табл. 2.3).

Таблица 2.3 Коэффициенты, учитывающие геолого-морфологическую устойчивость рельефа (K_p)

Устойчивость рельефа	K_p	Примечания
Стабильный	1,0	отсутствие явно выраженных процессов эрозии почв, крутизна склонов $<1^0$
Среднестабильный	0,9	-
Периодически нестабильный	0,8	-
Нестабильный	0,7	наличие действующих оврагов, эродируемых склонов и пр., крутизна склонов $>3^0$

Коэффициенты (K_p) зависят от наличия факторов, определяющих изменчивость рельефа (см. табл. 2.3) - крутизна склонов, наличие овражно-балочной сети, незакрепленных песков, оползневых процессов и пр.

Таблица 2.4 Коэффициенты экологической стабильности территории (K_C)

Характеристика территории	K_C
Лес:	
-широколиственный	1,00
-смешанные	0,63
-хвойные	0,38
Леса естественного происхождения	1,00
Лесополосы	0,38
Фруктовые сады, кустарники	0,43
Сады, лесные культуры, лесополосы	0,43
Болота, водотоки, водоемы	0,79
Луга с хорошо развитым травостоем	0,62
Целина, старая залежь	0,40
Выгон, естественное пастбище	0,35
Огороды	0,50
Пашня (в среднем)	0,14
Урбанизированные территории - населённые пункты, производственно-промышленные зоны, дороги и пр.	0,00
Культурные пастбища	0,68
Окультуренные сенокосы	0,62

2.2.2 Пример оценки общей экологической устойчивости территории ПТК

Исходные данные:

1. Схема плановой компоновки ПТК – см. рис. 2.1.
2. Структурная характеристика ПТК – см. табл. 2.1.
3. Площадь территории ПТК: $A=1722\text{га}=17,22\text{км}^2$.

Расчёт

На основе картографических материалов М1:25000 и проектно-изыскательских данных территория ПТК расчленяется на характерные контуры-уголья (см. рис. 2.1).

По соответствующим оценочным «шкалам» (табл. 2.3. и 2.4) находим расчётные коэффициенты: K_C и K_p – по каждому типу угодий. Результаты этой оценки заносятся в расчётную таблицу 2.5.

Расчёт произведен в табличной форме (см. табл. 2.5).

По итоговым результатам табличного расчёта (табл. 2.5) определяем показатель экологической устойчивости территории (K_C) - до и после создания ПТК – на основе формулы (2.1):

а) природная геосистема - до создания ПТК

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot K_{ci} \cdot K_{pi}}{A} = \frac{9,2686}{17,22} = 0,538(0,54)$$

б) техноприродная система - после создания ПТК

$$K_c = \frac{8,7757}{17,22} = 0,51$$

Выводы:

1. Преобразуемая природная геосистема, согласно нормативной шкале (табл. 2.2), имеет среднюю категорию экологической устойчивости ($K_c=0,54$).

2. Снижение коэффициента стабильности - до величины: $K_c=0,51$ - не изменяет категорию экологической устойчивости. Согласно нормативной оценочной шкале (табл. 2.2), характер экологической устойчивости остаётся прежним, т.е. средним (для этой категории: $K_c=0,51 \dots 0,66$).

3. Преобразования ландшафтной структуры на территории ПТК, связанные со строительством его техногенных элементов (водохранилища, гидромелиоративных систем и пр.), не вносят существенных изменений в характер экологической стабильности территории создаваемой техноприродной системы.

Снижение коэффициента стабильности обусловлено в основном мероприятиями вынужденного характера – значительным увеличением площади пахотных земель.

Таблица 2.5 Расчёт экологической устойчивости территории ПТК

Природная геосистема до создания ПТК						Трансформация природной геосистемы					
№ контура	наименование природных ландшафтных комплексов	расчётные показатели				наименование компонента ПТК	расчётные показатели				основное назначение и использование
		площадь f, км ²	K _C	K _P	f · K _C · K _P		площадь f, км ²	K _C	K _P	f · K _C · K _P	
1	Пойменный заболоченный луг	1,722	0,62	0,80	0,8541	Водохранилище	1,722	0,79	1,00	1,3604	Рекреация, орошение, рыборазведение
2	Болото	2,412	0,79	1,00	1,9055	Осушительная система	2,412	0,14	1,00	0,3377	Овощекормовой севооборот
3	Болото	3,358	0,79	1,00	2,6528	Осушительно-оросительная система	3,358	0,14	1,00	0,4701	Кормовой севооборот
4	Суходольные ландшафты с редкой д/к растительностью	2,032	0,38	0,90	0,6949	Оросительная система на ДКП с лесопосадками	1,343	0,68	1,00	0,9132	Долголетнее культурное пастбище
							0,689	1,00	1,00	0,6890	Лесопосадки
5	Луг открытый	0,981	0,40	0,90	0,3532	Лесонасаждения	0,981	0,63	0,90	0,5562	Ландшафтно-экологическое обустройство
6	Суходольные малопродуктивн. земли с редкой растительностью	2,635	0,40	0,90	0,9486	Оросительная система с частичным водооборотом	2,635	1,00	0,90	2,3715	Зеленая зона с лесонасаждениями
7	Закустаренный луг	0,344	0,35	1,00	0,1204	Зона рекреации	0,344	0,79	1,00	0,2718	Рекреация
8	Приречная зона с редкой д/к растительностью	1,498	0,71	1,00	1,0636	Русловая часть р. Лерочь	0,207	0,79	1,00	0,1635	Остаётся в естеств. состоянии
						Прибрежная зона с лесопосадками	1,291	0,63	1,00	0,8133	Прибрежная водоохранная зона

Продолжение таблицы 2.5

Природная геосистема до создания ПТК						Трансформация природной геосистемы					
№ контура	наименование природных ландшафтных комплексов	расчётные показатели				наименование компонента ПТК	расчётные показатели				основное назначение и использование
		площадь f , км ²	K_C	K_P	$f \cdot K_C \cdot K_P$		площадь f , км ²	K_C	K_P	$f \cdot K_C \cdot K_P$	
9	Пашня в составе существующего полевого с/о	0,740	0,14	1,00	0,1036	Пашня	0,740	0,14	1,00	0,1036	Полевой севооборот
10	Луг открытый	0,241	0,35	0,90	0,0759	Древесно-кустарниковые насаждения	0,241	0,63	1,00	0,1518	Ландшафтно-экологическое обустройство
11	Луг открытый закустаренный	0,362	0,43	0,80	0,1245	Луг открытый закустаренный	0,362	0,43	0,80	0,1245	Остаётся в естеств. состоянии
12	Луг открытый, эродлируемые склоны	0,396	0,62	0,70	0,1719	Лесокустарниковые насаждения	0,396	0,63	1,00	0,2495	Ландшафтно-экологическое обустройство
13	Прочие ландшафты	0,499	0,40	1,00	0,1996	-	0,499	0,40	1,00	0,1996	Остаются в естественном состоянии
Итого:		17,22	-	-	9,2686	-	17,22	-	-	8,7757	-

3 Установление зон влияния ПТК

3.1 Установление границ зон влияния ПТК

При разработке проектов гидромелиорации с/х земель (исполнении раздела «ОВОС и охрана природы»), согласно нормативно-техническим требованиям, могут выделяться до пяти зон влияния мелиоративной системы на окружающую среду [3], а именно - см. рис. 3.1:

I – внутренняя техногенная зона - в контурах гидромелиоративной системы;

II – внутренняя природная зона, которая охватывает немелиорируемые участки территории ПТК - в контурах мелиоративных систем;

III – внешняя зона - непосредственно прилегающая к территории ПТК зона влияния;

IV - внешняя зона - отдалённая зона влияния;

V - зона воздушного пространства – в пределах территории всех выше указанных зон влияния.

В выделяемых зонах влияния, в зависимости от видов и степени воздействия ПТК, прорабатываются соответствующие проектные природоохранные мероприятия.

При установлении границ зон влияния рекомендуется учитывать следующие требования и нормативные положения:

1. *Зона I* - включает все элементы гидромелиоративной системы и мелиорируемые земли.

2. *Зона II* - охватывает земли, имеющие возвышенные элементы рельефа:

- по внешней форме - в виде холмов или гряд;

- при соответствующем высотном положении территории - выше средних отметок мелиорируемой площади на величину: $\geq 1,0$ м.

3. *Зона III* - включает непосредственно прилегающие к объекту мелиорации земли, на которых происходит существенное изменение водного режима в зоне аэрации (корнеобитаемом слое).

Внутренняя граница зоны *III* совпадает с границей объекта мелиорации.

Внешняя граница зоны *III* представляет собой линию, где имеет место отрыв капиллярной каймы от среднегодового УГВ (депресссионной поверхности грунтовых вод).

4. *Зона IV* – охватывает конечную часть прилегающей территории, где обычно наблюдается затухающее воздействие на режим глубины грунтовых вод.

Внутренняя граница зоны *IV* совпадает с внешней границей зоны *III*.

Внешняя граница зоны *IV* намечается на линии, где уровень капиллярной каймы превышает среднегодовую депрессионную поверхность на величину: $0,1 \cdot h_k$ (где h_k – высота капиллярной каймы).

5. Граница зоны *V* совмещается с внешней границей зоны *IV* и охватывает пределы воздушной среды всех зон влияния ПТК.

В некоторых случаях количество стандартных зон влияния ПТК может быть сокращено, а именно:

- при отсутствии возвышенностей внутри мелиорируемой территории - зона *II* не выделяется - из-за отсутствия условий для создания «природных резерватов»;

- зона *IV* может не выделяться - при наличии крутопадающей депрессионной кривой потока грунтовых вод (в этом случае зона *III* продлевается на величину « l_{IV} » в соответствующем направлении;

- зона *III* может не выделяться - при крутом подъёме поверхности земли вблизи внешней границы мелиорации, когда имеет место большой отрыв уровня грунтовых вод от поверхности земли (на величину более 2...3 м);

Размеры зоны *V* могут увеличиваться – т.е. продлеваться за пределы территории зоны *IV*, когда имеет место высокая вероятность проявления дефляционных процессов.

При расположении гидромелиоративных систем по обоим берегам реки-водоприёмника - вопрос установления зон влияния решается отдельно – соответственно: по правобережью и левобережью.

3.2 Определение размеров зон влияния ПТК

3.2.1 Общие положения и расчётные формулы

Границы внутренних зон влияния *I* и *II* устанавливаются графически - на основе материалов топографической съёмки и проектного генплана гидромелиоративных системы.

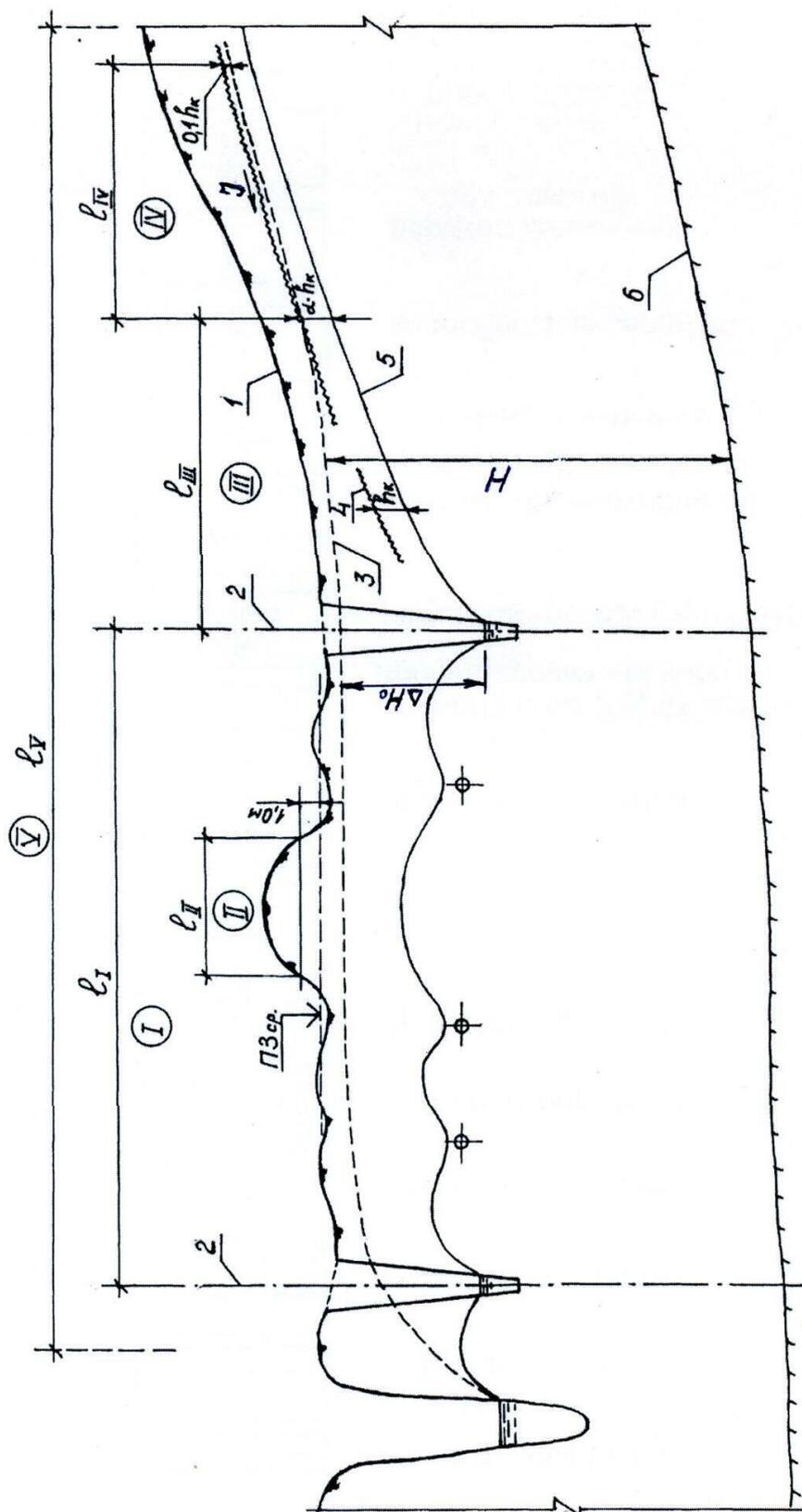


Рис. 3.1 Схема к установлению размеров зон влияния гидромелиоративного ПТК

1 – поверхность земли; *2* – границы мелиорации земель; *3* – среднегодовое расположение депрессионной кривой; *4* – уровень капиллярной каймы; *5* – расчётное положение уровня грунтовых вод после создания ПТК; *6* – подошва водоносного горизонта (водоупор).

Размеры зон влияния *III* и *IV* -- вдоль направления главного потока грунтовых вод определяются расчётом (по соответствующим ниже приводимым формулам [7]).

Для определения протяжённости непосредственно прилегающей зоны *III* рекомендуется использовать формулу К.Г. Асатура:

$$l_{III} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot H \cdot t}{\mu}}, \text{ м} \quad (3.1)$$

где K, H – средние соответственно: коэффициент фильтрации и мощность водоносного пласта, (м/сут; м);

t – время от начала процесса осушения (от периода весеннего половодья до очередного подъёма УГВ), сут. В условиях Нечерноземной зоны РФ этот период составляет: $t = 130 \dots 170 \text{ сут}$;

μ – коэффициент гравитационной водоотдачи грунта - в пределах зоны колебания уровня грунтовых вод. При отсутствии опытных данных изысканий - его величину рекомендуется определять по формуле Г.Д. Эркина (для минеральных грунтов):

$$\mu = 0,056 \cdot K^{1/2} \cdot (\Delta H)^{1/3}, \quad (3.2)$$

где средняя величина понижения УГВ в пределах зоны *III*:

$$\Delta H = (0,7 \dots 0,8) \cdot \Delta H_0, \text{ м}; \quad (3.3)$$

ΔH_0 – проектное снижение грунтовых вод на границе мелиорации, м.

Протяжённость отдалённой зоны влияния *IV* определяется по формуле:

$$l_{IV} = (\alpha - 0,1) \cdot \frac{h_k}{I}, \text{ м} \quad (3.4)$$

где I – средний уклон депрессионной кривой в пределах зоны *IV*;

h_k – высота подъёма капиллярной каймы (м). При отсутствии материалов изысканий её величина принимается по данным таблицы 3.1;

α - коэффициент, характеризующий эффективную высоту капиллярной каймы (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1 Капиллярные характеристики основных видов грунтов

Наименование грунта	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...0,6	1,0...1,2

3.2.1 Пример выполнения расчёта

Исходные данные:

1. Водоносный горизонт в пределах зон влияния III и IV – песчаный, его мощность: $H=16$ м, коэффициент фильтрации: $K=1,75$ м/сут.
2. Средний уклон уровня грунтовых вод (депресссионной кривой) в пределах зоны IV: $I=0,007$.
3. Капиллярные характеристики песчаного грунта (см. табл. 3.1): $h_k=0,6$ м; $\alpha=1,2$.
4. Проектное снижение грунтовых вод на границе мелиорации: $\Delta H_0=1,80$ м.

Расчёт

а) протяжённость зоны влияния III

Средняя величина понижения УГВ в пределах зоны III будет равна:

$$\Delta H = (0,7...0,8) \cdot \Delta H_0 = 0,75 \cdot 1,80 = 1,35 \text{ м}$$

Коэффициент водоотдачи грунта – по формуле Г.Д. Эркина (3.2):

$$\mu = 0,056 \cdot K^{1/2} \cdot (\Delta H)^{1/3} = 0,056 \cdot 1,75^{1/2} \cdot 1,35^{1/3} = 0,082$$

По формуле (3.1) получаем величину протяжённости непосредственно прилегающей зоны влияния III:

$$l_{III} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot H \cdot t}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,75 \cdot 16 \cdot 155}{0,082}} = 576,5(580) \text{ м,}$$

где $t=155$ сут (принято согласно рекомендациям автора формулы).

б) протяжённость зоны влияния IV

Размер отдалённой зоны влияния будет равен (по ф-ле 3.4):

$$l_{IV} = (\alpha - 0,1) \cdot \frac{h_k}{I} = (1,2 - 0,1) \cdot \frac{0,60}{0,007} = 94,3(95).м$$

где $\alpha=1,2$, $h_k=0,6м$ – для песчаного грунта (см. табл. 3.1).

3.3 Установление размеров водоохранных зон рек, входящих в состав ПТК

3.3.1 Водоохранные зоны и их характеристика

При проектировании объектов гидромелиорации с/х земель предусматривается выделение двух зон-поясов водоохранного характера для рек, используемых в качестве водоприёмников и водоисточников, а именно:

1. Общая водоохранная зона - зона ограничений некоторых видов хозяйственной (техногенной) деятельности, куда включаются пойма и надпойменные террасы.

2. Зона строгого режима - особо охраняемая прибрежная полоса, куда включаются верхнебереговые и прирусловые части приречной береговой полосы.

Водоохранно-защитный эффект от организации водоохранных зон возможен только при соблюдении соответствующего режима их использования. На территориях водоохранных зон запрещается всякая хозяйственная деятельность, способствующая поступлению загрязняющих веществ в природные водные объекты, а именно:

- использование авиации для химобработки с/х полей и угодий;
- применение сильнодействующих химических средств борьбы с вредителями и болезнями растений и сорняками (пестицидов, гербицидов);
- устройство мест для складирования, хранения и приготовления удобрений и химикатов;
- устройство мест стоянок машин, пунктов заправки нефтепродуктами, мест мойки машин и пр.

На территории общей водоохранной зоны - за пределами прибрежной полосы – разрешаются следующие виды хозяйственной деятельности:

- использование земель для выращивания с/х культур (для пропашных культур на расстоянии - не меньше 200 м от прибрежной охранной зоны);
- проведение комплексов агротехнических и культуртехнических работ - по окультуриванию и улучшению лугов и пастбищ;
- производственный выпас скота.

На территории прибрежной охранной полосы строгого режима, согласно

нормативным требованиям, проектами мелиоративных систем должны предусматриваться:

- комплексы берегоукрепительных мероприятий - на участках со слабоустойчивыми берегами;
- посадки древесной и кустарниковой растительности - на безлесных участках (в целях ландшафтно-экологического обустройства);
- установка специальных информационно-водоохранных знаков - стандартных щитов с соответствующими надписями и знаками запрещающего характера.

В пределах прибрежной водоохраной полосы категорически запрещаются:

- распашка земель;
- выпас всех видов скота;
- организация коллективных мест отдыха и палаточных городков;
- все виды строительства - кроме сооружений, являющихся элементами мелиоративных системы;
- движение и стоянки автотранспорта и с/х машин.

3.3.2 Установление размеров водоохранных зон

При установлении размеров ширины водоохранных зон учитываются следующие условия:

- физико-гидрографические параметры реки;
- бассейновые и экологические особенности.

Кроме того, следует иметь в виду, что проектная протяжённость водоохранных зон и режим их хозяйственного использования должны согласовываться с местными органами санохраны и рыбнадзора.

Для определения минимальных размеров ширины водоохранных зон - в условиях равнинных рек - используются следующие расчётные формулы:

1. Ширина общей водоохраной зоны - в пределах ширины пояса меандрирования реки:

$$B = K_M \cdot B_p, м \quad (3.5)$$

2. Ширина прибрежной водоохраной полосы:

$$b = B \cdot K_A + \Delta b, м \quad (3.6)$$

где B_p - ширина действующего русла реки -- в пределах территории объекта, м;

K_M - коэффициент, учитывающий степень развитости меандрирования реки (см табл. 3.2);

K_A - коэффициент, зависящий от размеров площади водосбора реки, тяготеющей к рассматриваемому створу (см. табл. 3.2);

Δv - дополнительный размер расстояния - на отступление берегов, прогнозируемый на 10-летний период.

Таблица 3.2 Расчётные гидрографические показатели рек для установления размеров ширины водоохранных зон

Развитость меандрирования - в зависимости от ширины русла (по Р. Бетсу)						Коэффициенты, учитывающие величину водосборной площади			
$B_p, м$	30	60	100	300	1000	$A, км^2$	< 20	20...75	75...150
K_M	19	16	14	12	11	K_A	0,25	0,20	0,15

При проектировании гидромелиоративных систем на водосборах малых рек - при ширине русла: $B_p < 30 м$ - ширина общей с/х водоохранной зоны (B) обычно назначается по согласованию с местными органами саннадзора и составляет в среднем 200...300 м. Кроме того, в этом случае для малых рек следует учитывать нормативы, приводимые в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 Минимальные размеры ширины общей водоохранной зоны реки – в зависимости от её длины (от истока до рассматриваемого створа)

Протяжённость реки, км	Ширина водоохранной зоны (B_{min}), м
10...50	100
50...100	200
100...200	300
200...500	400
>500	500

Таблица 3.4 Минимальные размеры ширины прибрежных охранных полос - в зависимости от характера прилегающих территорий

Виды угодий, прилегающих к водному объекту	Ширина прибрежной защитной полосы ($v_{min}, м$) - при крутизне склонов (i) на прилегающих территориях		
	$i \leq 0$	$i = 0^0 \dots 3^0$	$i > 3^0$
Пашня	15...30	35...55	55...100
Луга, сенокосы	15...25	25...35	35...50
Лес, кустарник	35	35...50	55...100

Таблица 3.5 Минимальные размеры ширины прибрежных водоохраных полос для рек, имеющих особые условия

№ п/п	Характеристика особенностей рек	Ширина прибрежной полосы b_{\min} , М
1	Реки, имеющие рыбохозяйственное значение - длиной менее 10 км и протекающие в лесах	50
2	Реки, являющиеся притоками рек, которые имеют нерестовое значение	100
3	Реки, где имеются места нереста редких и особо ценных пород рыб	1000

Исходя из выше изложенного и показателей таблиц 3.3...3.5, минимально допустимые проектные размеры - по ширине соответствующих водоохраных полос - должны соответствовать условию:

$$b \geq b_{\min} (B \geq B_{\min}) \quad (3.7)$$

3.3.3 Пример установления размеров водоохраных зон

Исходные данные:

1. Ширина русла реки-водоприёмника: $B_p=38$ м.
2. Водосборная площадь в нижнем створе объекта: $A= 45$ км².
3. Протяжённость реки до рассматриваемого створа – 75км.
4. Прогнозируемый размер расстояния на отступление берегов: $\Delta b = 5$ м.
5. Особые условия реки – имеет нерестовое значение.

Расчёт

Минимальный размер ширина общей водоохраной зоны - в пределах ширины пояса меандрирования реки будет равен – по ф-ле (3.5):

$$B = K_M \cdot B_p = 18,2 \cdot 38 = 691,6(690)м$$

Нормативное условие (3.7): $(B \geq B_{\min})$ - выполняется с большим запасом, где $B_{\min}= 200$ м – см. табл. 3.3.

2. Ширину прибрежной водоохраной полосы определяем по формуле (3.6):

$$b = B \cdot K_A + \Delta b = 690 \cdot 0,20 + 5 = 143(145)м$$

Нормативное условие (3.7): $e \geq e_{\min}$ - выполняется с определенным запасом, где $e_{\min} = 100$ м – см. табл. 3.4 и 3.5.

4 Прогнозирование основных воздействий ПТК на природные геосистемы

4.1 Расчёт снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории

4.1.1 Общие нормативно-технические положения

Расчёт производится для оценки воздействия на компоненты ландшафта, расположенные в пределах прилегающих зон влияния мелиоративной системы (согласно ландшафтному профилю ПТК – см. прилож. 3), а именно:

- непосредственно прилегающей зоны - III;
- отдаленной зоны влияния - IV.

Основными объектами для оценки воздействия являются:

1. Природные компоненты ландшафта (соотв. таксонометрического ранга - на уровне: урочищ, подурочищ и фаций) - рощи, участки леса, луга, древесно-кустарниковые угодья и пр.

2. Компоненты техногенных ландшафтов, связанные в основном с инфраструктурой населённых пунктов: выгоны для домашнего скота, водозаборные колодцы и скважины, пруды-копани, питаемые грунтовыми водами и пр. (оценивается ухудшение параметров их функционирования из-за снижения УГВ).

По величине спада уровня грунтовых вод дается оценка степени воздействия и формируется проектная основа для проработки соответствующих как ландшафтно-экологических, так и природоохранных мероприятий.

Величина снижения УГВ определяется:

- в характерных точках ландшафтного профиля - на границах: зон влияния мелиоративной системы, ландшафтных угодий, техногенных объектов и пр. (см. рис. 1.2);

- в дополнительных расчётных точках - с определенным шагом – при больших размерах территории рассматриваемых ландшафтных угодий.

Ниже приводится методика расчёта снижения УГВ - на основе формулы (4.1) - С.Ф. Аверьянова [3]. Эта формула применима в условиях:

- при относительно небольших уклонах поверхности грунтовых вод и подошвы водоупора;
- однородности водоносного горизонта.

4.1.2 Основы расчёта и расчётные формулы

Для прогнозных ориентировочных расчётов кривой спада уровня грунтовых используется формула С.Ф. Аверьянова [3]:

$$\Delta H = \Delta H_0 \cdot \operatorname{erfc}(Z), \text{ м} \quad (4.1)$$

где ΔH - снижение уровня грунтовых вод на расстоянии « x » от границы объекта мелиорации, м;

ΔH_0 - проектное снижение УГВ на границе объекта мелиорации, м;

$\operatorname{erfc}(Z)$ - специальная функция (см. табл. 4.1), аргумент которой определяется по формуле:

$$Z = \frac{x}{2\sqrt{A \cdot t}} \quad (4.2)$$

x - расстояние от расчётной точки до границы объекта мелиорации, м;

A – показатель уровнепроводности водоносного горизонта, определяемый по формуле:

$$A = \frac{K \cdot h}{\mu}, \text{ м}^2 / \text{сут}, \quad (4.3)$$

где K , μ , h -- соответственно: коэффициент фильтрации, коэффициент водоотдачи и мощность водоносного горизонта (см. п.3.2, где в формуле Г.Д. Эркина - при определении « μ » рекомендуется принимать: $\Delta H \approx 0,6 \cdot \Delta H_0, \text{ м}$);

t - время от начала процесса осушения, сут. Этот расчётный период, с учётом времени стабилизации потока грунтовых вод, рекомендуется принимать величиной: 2...3 года.

Показатель понижения УГВ на границе мелиорации « ΔH_0 » зависит от проектных параметров осушительной сети. При наличии на внешней границе мелиоративной системы ловчих или нагорно-ловчих каналов - величина ΔH_0 определяется по формуле:

$$\Delta H_0 = H_K - h_B - \Delta, \text{ м} \quad (4.4)$$

где H_K – строительная глубина канала, м;

h_B - расчётная глубина воды в канале - при пропуске среднемеженных (бытовых) расходов воды, м;

Δ - среднегодовая глубина депрессионной поверхности грунтовых вод на верхней границе мелиорации, м.

В случаях отсутствия на мелиоративной системе нагорно-ловчей осушительной сети - величина ΔH_0 принимается равной средней глубине регулирующей осушительной сети.

Таблица 4.1 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	1,6	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

4.1.3 Пример расчёта по оценке снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории

Исходные данные:

1. Размеры протяжённости соответствующих зон влияния ПТК: $l_{III}=580$ м, $l_{IV}=95$ м – см. п. 3.2.
2. Показатели песчаного водоносного горизонта: $H=16$ м, $K=1,75$ м/сут.
3. Время стабилизации грунтового потока: $t = 2,5$ года= 912 суток.

Расчёт

Согласно ландшафтному профилю (рис. 4.1), намечаем расчётные точки депрессионной кривой и их координаты (x_i):

- точка **1**: $x_1=0$ – граница объекта мелиорации;
- точка **5**: $x_5=l_{III}=580$ м – внешняя граница зоны **III**;
- точка **7**: $x_7=l_{III}+l_{IV}=580+95=675$ м – внешняя граница зоны **IV** (падает на территорию участка леса);
- точки **6** и **8**: $x_6=600$ м; $x_8=1100$ м – опушки леса;
- точка **9**: $x_9=1300$ м - территория населенного пункта;
- точки **2, 3, 4** – дополнительные (промежуточные) расчётные точки - см. табл. 4.2 (их количество и координаты (x_i) назначаются произвольно – согласно соотв. практическим рекомендациям).

Расчётная точка 1

Величина снижения уровня грунтовых вод на границе мелиорации (см. рис. 4.1) будет равна: $\Delta H_1 = \Delta H_0 = 2,5 - 0,5 - 0,2 = 1,8$ м

Расчётная точка 5

Эта точка соответствует границе зоны влияния **III**.

Коэффициент гравитационной водоотдачи - по формуле (3.2):

$$\mu = 0,056 \cdot K^{1/2} \cdot (\Delta H)^{1/3} = 0,056 \cdot 1,75^{1/2} \cdot 1,08^{1/3} = 0,076,$$

где $\Delta H = 0,6 \cdot \Delta H_0 = 0,6 \cdot 1,80 = 1,08$ м.

Величина показателя уровнепроводности водоносного горизонта – по формуле (4.3):

$$A = \frac{K \cdot H}{\mu} = \frac{1,75 \cdot 16}{0,076} = 368,4 \text{ м}^2 / \text{сут}$$

Аргумент спецфункции С.Ф. Аверьянова по формуле (4.2) будет равен:

$$Z = \frac{x}{2\sqrt{A \cdot t}} = \frac{580}{2\sqrt{368,4 \cdot 912}} = 0,50$$

По таблице 4.1 находим функцию: $erfc(Z) = 0,4796$

Величина снижения УГВ в точке 5 - на расстоянии $x_6=580$ м составит (ф-ла 4.1):

$$\Delta H_5 = \Delta H_0 \cdot \operatorname{erfc}(Z) = 1,80 \cdot 0,4796 = 0,863(0,86)\text{м}$$

Расчётная точка 7

Эта точка соответствует внешней границе зоны влияния IV ($x_7=675$ м).

Аргумент спецфункции будет равен: $Z = \frac{x_7}{2\sqrt{A \cdot t}} = \frac{675}{2\sqrt{368,4 \cdot 912}} = 0,58$

По таблице 4.1 находим функцию: $\operatorname{erfc}(Z) = 0,4122$

Величина снижения УГВ в точке 7 будет равна:

$$\Delta H_7 = \Delta H_0 \cdot \operatorname{erfc}(Z) = 1,80 \cdot 0,4122 = 0,742(0,74)\text{м}$$

Для остальных точек расчёт аналогичен. Расчёт и результаты расчёта снижения УГВ на прилегающей к ПТК территории представлены в таблице 4.2.

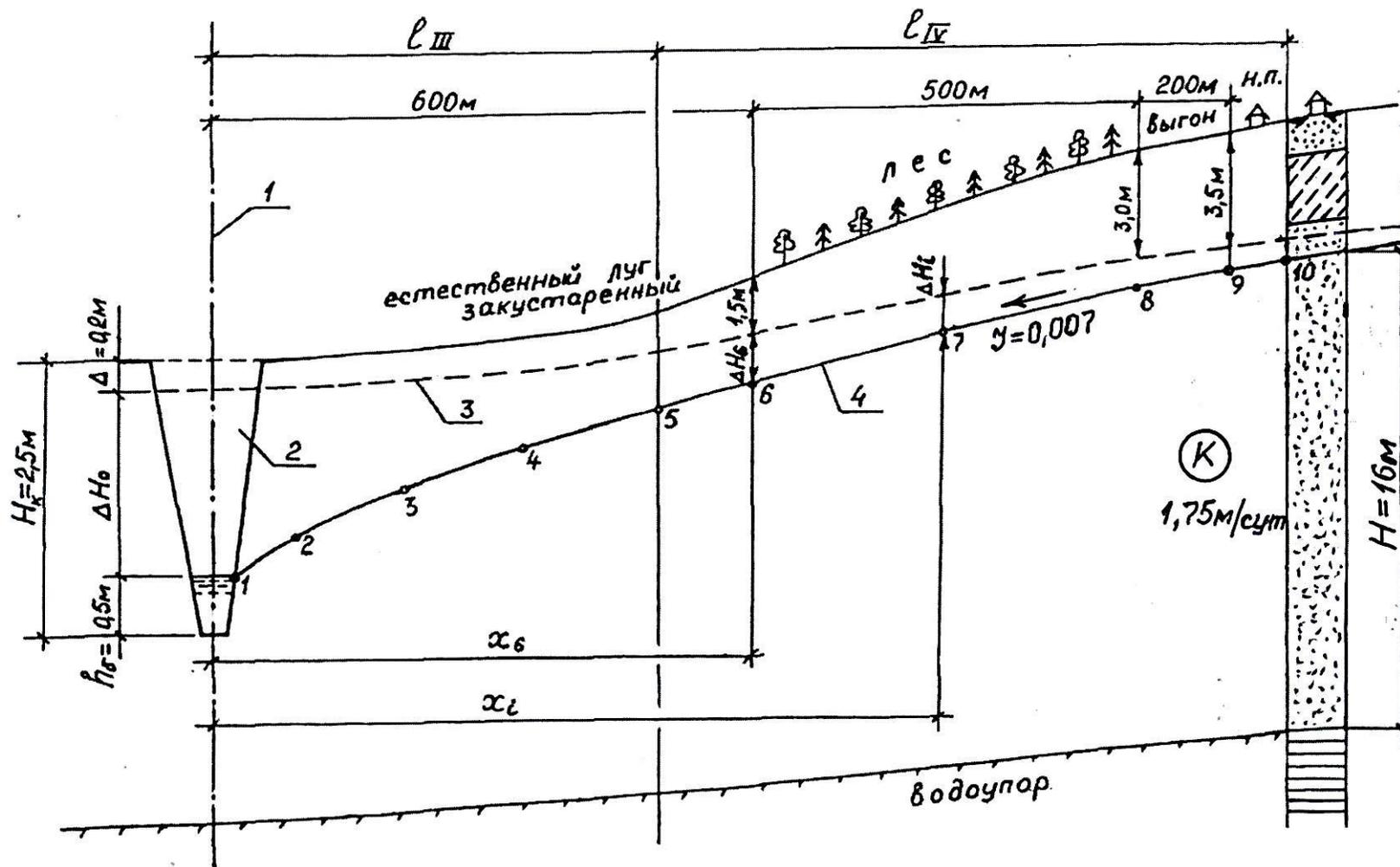


Рис. 4.1 Ландшафтная схема-профиль к расчёту снижения уровня грунтовых вод на прилегающей территории
 1 – граница мелиорации; 2 – нагорно-ловчий осушительный канал; 3 – среднегодовое положение уровня грунтовых вод до создания ПТК;
 4 – расчётное положение УГВ при функционировании ПТК; 1...10 – расчётные точки депрессионной кривой.

Таблица 4.2 Результаты расчёта снижения уровня грунтовых вод на прилегающей к ПТК территории

№ расчётных точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наименование расчётных точек	граница мелиорации	промежуточная	промежуточная	промежуточная	внешняя граница зоны влияния III	нижняя опушка леса	лес, внешняя граница зоны влияния IV	верхняя опушка леса	окраина населённого пункта	населённый пункт
$x, м$	0	50	200	400	580	600	675	1100	1300	1400
Z	0,000	0,043	0,17	0,34	0,50	0,52	0,58	0,96	1,12	1,21
$erfc(Z)$	1,0000	0,9545	0,8100	0,6306	0,4796	0,4621	0,4122	0,1746	0,1167	0,0876
$\Delta H, м$	1,80	1,72	1,46	1,13	0,86	0,83	0,74	0,31	0,21	0,16
Снижение уровня грунтовых вод по отд. элементам ландшафта	Естественный луг закустаренный: 0,86...1,80 м (в среднем 1,30м)					Лесной массив: 0,31...0,83 м (в среднем 0,55 м)			Выгон: 0,21...0,31 м (в ср. 0,25 м)	Населённый пункт: 0,16-0,21 (в среднем 0,18 м)

Выводы:

1. Результаты расчёта указывают на существенные изменения водного режима (возможное его ухудшение) в зоне аэрации - на части прилегающих ландшафтных угодий, а именно (снижение УГВ - в среднем): лес - $\Delta H = 0,55 м$, закустаренный луг - $\Delta H = 1,30 м$.

2. На участках, примыкающих к населённому пункту, изменения режима глубины грунтовых вод следует ожидать незначительными, а именно: по выгонам - $\Delta H = 0,25 м$, а на территории населённого пункта - $\Delta H = 0,18 м$.

4.2 Оценка трансформации торфяной залежи на мелиорируемых торфяниках

4.2.1 Прогнозирование сработки (утраты) торфа на осушаемых торфяниках

Трансформация (сработка) мелиорируемого торфяника в значительной степени обусловлена:

- осадкой торфяной залежи - из-за её уплотнения вследствие осушения;
- сработкой торфяного слоя (его утрата) - вследствие длительного и интенсивного с/х использования земель.

При оценке снижения (сработки) мощности торфяной залежи рекомендуется величину расчётной продолжительности трансформации торфяника разделять на два отдельных характерных расчётных периода [5], а именно (см. рис. 4.2):

1. Период основной осадки (в т.ч. и сработки торфа в этот период):

$$T_1 = T = 3...5 \text{ лет};$$

2. Период длительной сработки и затухающей осадки торфа:

$$T_2 = T_H - T_1, \text{ лет.}$$

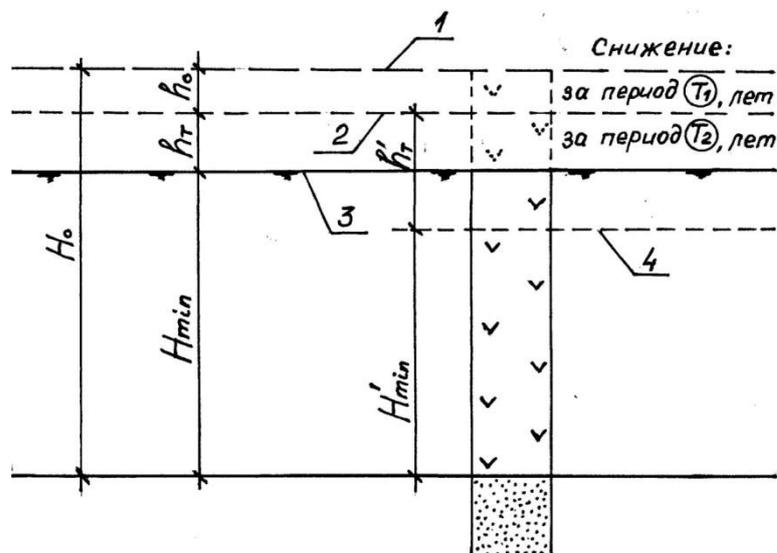


Рис. 4.2 Схема изменения поверхности торфяника при его осушении

1...4 - соответствующие поверхности торфяника, а именно: 1 – на момент проведения изысканий; 2 – на конец периода основной осадки торфяника; 3 – проектно-допустимый уровень сработки; 4 – при чрезмерной (недопустимой) сработке торфа

Общая продолжительность расчётного периода может рассматриваться в рамках:

- нормативного срока службы объекта: $T_H = T_1 + T_2, \text{ лет}$ (для мелиоративных систем закрытого типа: $T_H = 50 \text{ лет}$);

- периода перспективы использования земель – на основе конкретных проектных условий, т.е. при регламентировании проектной величины (H_{min}).

Для оценки снижения поверхности торфяника - в начальный период его эксплуатации - рекомендуется использовать формулу Б.С. Маслова [5]. Согласно этой формуле, величина ежегодной осадки и сработки торфа будет равна:

$$\Delta h_0 = 0,08 \cdot Z \cdot \alpha^{1,4} \cdot \frac{\sqrt{H_0}}{e^{\beta \cdot T}}, \text{ м/год.} \quad (4.5)$$

В формуле Б.С. Маслова:

Z – средняя глубина залегания уровня грунтовых вод (норма осушения), м;

H_0 – исходная толщина торфяной залежи – на момент изысканий, м;

T – продолжительность расчётного периода, лет;

β - расчётный коэффициент, определяемый по формуле:

$$\beta = 0,1 + 0,02 \cdot \alpha - 0,0025 \cdot T, \quad (4.6)$$

где α - коэффициент термогумидности, устанавливаемый по формуле:

$$\alpha = \frac{100 \cdot t}{P} \quad (4.7)$$

t – среднегодовая температура воздуха, °С; P – ср. многолетняя годовая величина атмосферных осадков, мм.

Для оценки продолжительность сработки (утраты) торфяной залежи до некоторой (допустимой) глубины (H_{min}) – в процессе длительного с/х использования земель - рекомендуется использовать формулу А.И. Мурашко и А.С. Бут-Гусаима [5]:

$$T_c = \frac{\ln\left(1 + \frac{H_0 - H_{min}}{A \cdot H_0}\right) + a \cdot (z + c)}{b \cdot (z + c)}, \text{ лет} \quad (4.8)$$

где A – коэффициент плотности торфа;

$a = 0,07 \text{ м}^{-1}$; $b = 0,006 \text{ м}^{-1}/\text{год}$ – коэффициенты интенсивности осадки торфа соответственно: в первый год и последующие годы после начала осушения;

H_{min} – величина допустимой сработки торфа (его остаточного слоя), м;

c - среднее превышение УГВ (депрессионной кривой) над уровнем дна осушительной сети. Этот показатель в расчётах может быть принят - для закрытого дренажа: $c = 0,3...0,4 м$, для открытых осушителей: $c = 0,8...1,2 м$.

z – проектная норма осушения - в зависимости от с/х использования земель, м. Норма осушения для основных групп с/х культур будет составлять: травы - $z = 0,7 - 0,8 м$; зерновые - $z = 0,8 - 0,9 м$; пропашные культуры - $z = 1,0 - 1,1 м$

Проектная величина интенсивности сработки торфа оценивается по формуле:

$$\Delta h_T = \frac{h_T \cdot \gamma \cdot 10^4}{T_1 + T_2}, \text{ м/га} \cdot \text{год} \quad (4.9)$$

где γ - объёмная плотность торфа - при естественной его влажности, м/м^3 ;

h_T - слой сработки торфяной залежи, м.

При регламентировании проектной величины: ($H_{min} = H_0 - [\Delta H_T]$) - допустимая величина сработки торфяного слоя будет равна (см. рис. 4.2):

$$h_T = H_0 - h_0 - H_{min}, \text{ м}, \quad (4.10)$$

где величина снижения поверхности торфяника за период (T_1) будет составлять:

$$h_0 = \Delta h_0 \cdot T_1, \text{ м} \quad (4.11)$$

Аналогично устанавливается расчётная - фактическая величина сработки торфяника:

$$h'_T = H_0 - h_0 - H'_{min}, \text{ м}, \quad (4.12)$$

где расчётная величина остаточного слоя торфяной залежи (H'_{min}) определяется в обратном порядке - из формулы (4.8) – при условии: $T_C = T_2$.

Допустимость трансформации торфяной залежи оценивается по выполнимости условия:

$$h'_T < h_T \text{ (или } \Delta h_T < [\Delta h_T]) \quad (4.13)$$

В противном случае решается вопрос о проработке мероприятий по компенсации утраты торфа (в процессе эксплуатации объекта) – на величину не менее:

$$\Delta h_{T.K} = \Delta h_T - [\Delta h_T], \text{ м/га} \cdot \text{год} \quad (4.14)$$

где $\Delta h_T, [\Delta h_T]$ - соответственно: расчётная и допустимая величины интенсивности сработки торфа, определяемые по формуле (3.9) - по соответствующим показателям: h'_T и $h_T, \text{ м/га} \cdot \text{год}$.

4.2.2 Пример оценки трансформации торфяной залежи на период эксплуатации объекта

Исходные данные:

1. Местоположение низинного торфяника – Брянская область (показатели интенсивности осадки торфа: $a = 0,07 \text{ м}^{-1}$; $b = 0,006 \text{ м}^{-1}/\text{год}$).
2. С/х использование земель – кормовой севооборот (норма осушения: $z = 0,80 \text{ м}$ – по многолетним травам).
3. Показатели торфа - по данным предпроектных изысканий: мощность торфяной залежи - $H_0 = 2,5 \text{ м}$, коэффициент плотности - $A = 0,73$.
4. Допустимый проектный слой сработки торфяника: $[\Delta H_T] = 0,35 \text{ м}$.
5. Осушительная сеть – закрытый трубчатый дренаж (показатель превышения УГВ: $c = 0,40 \text{ м}$).
6. Нормативный срок службы объекта: $T_n = 50 \text{ лет}$.

Расчёт

Период эксплуатации объекта ($T_n = 50 \text{ лет}$) разделяем на два характерных расчётных периода, а именно:

1. Период основной осадки и сработки торфа: $T_1 = 5 \text{ лет}$.
2. Период затухающей осадки и длительной сработки торфяника:

$$T_2 = 50 - 5 = 45 \text{ лет}.$$

Величина ежегодной осадки и сработки торфа для начального периода (T_1) будет равна - по формуле (4.5):

$$\Delta h_0 = 0,08 \cdot Z \cdot \alpha^{1,4} \cdot \frac{\sqrt{H_0}}{e^{\beta \cdot T}} = 0,08 \cdot 0,80 \cdot 0,844^{1,4} \cdot \frac{\sqrt{2,5}}{e^{0,104 \cdot 5}} = 0,0475 \text{ м}$$

где соответствующие коэффициенты (по ф-лам 4.6 и 4.7):

$$\alpha = \frac{100 \cdot t}{P} = \frac{100 \cdot 5,7}{675} = 0,844;$$

$$\beta = 0,1 + 0,02 \cdot \alpha - 0,0025 \cdot T_1 = 0,1 + 0,02 \cdot 0,844 - 0,0025 \cdot 5 = 0,104$$

и расчётные показатели (по данным ближайшей метеостанции): $t=5,7^\circ\text{C}$ - среднегодовая температура воздуха; $P=675\text{мм}$ - среднемноголетняя величина атмосферных осадков.

Полная величина снижения поверхности торфяника за период - $T_1 = 5\text{лет}$ - будет равна:

$$h_0 = 0,0475 \cdot 5 = 0,237(0,24 \text{ м}).$$

Фактическая величина сработки торфа для 2-го расчётного периода - периода затухающей осадки будет равна (ф-ла 4.12 -- см. рис. 4.2):

$$h'_T = H_0 - h_0 - H'_{\min} = 2,50 - 0,24 - 2,01 = 0,25 \text{ м},$$

где величина (H'_{\min}) установлена из формулы (4.8) - при $T_C = T_2 = 45\text{лет}$:

$$T_C = \frac{\ln\left(1 + \frac{H_0 - H'_{\min}}{A \cdot H_0}\right) + a \cdot (z + c)}{b \cdot (z + c)}$$

$$45 = \frac{\ln\left(1 + \frac{2,50 - H'_{\min}}{0,73 \cdot 2,50}\right) + 0,07 \cdot (0,80 + 0,40)}{0,006 \cdot (0,80 + 0,40)},$$

откуда решение этого уравнения – методом подбора - даёт результат:

$$H'_{\min} = 2,015 \text{ м (принято в расчёте: } 2,01 \text{ м).}$$

Аналогично определяем допустимую величину сработки торфа (ф-ла 4.10):

$$h_T = H_0 - h_0 - H_{\min} = 2,5 - 0,24 - 2,15 = 0,11 \text{ м},$$

где $H_{\min} = H_0 - [\Delta H_T] = 2,50 - 0,35 = 2,15 \text{ м}.$

Соответствующие величины интенсивности сработки торфа определяем по формуле (4.9):

а) расчётная фактическая величина

$$\Delta h_T = \frac{h'_T \cdot \gamma \cdot 10^4}{T_1 + T_2} = \frac{0,25 \cdot 1,02 \cdot 10^4}{5 + 45} = 51,0 \text{ м/га} \cdot \text{год}$$

б) допустимая величина

$$\Delta h_T = \frac{h_T \cdot \gamma \cdot 10^4}{T_1 + T_2} = \frac{0,11 \cdot 1,02 \cdot 10^4}{5 + 45} = 22,4 \text{ м/га} \cdot \text{год}$$

где $\gamma = 1,02 \text{ м/м}^3$ -- плотность торфа при его естественной влажности.

Выводы:

1. Нормативное условие (4.13): $\Delta h_T \leq [\Delta h_T]$ - не выполняется, что указывает на чрезмерную сработку торфяника - за период срока службы мелиоративной системы.

2. Рекомендуется проектная проработка мероприятий - по компенсации сработки-утраты торфа в процессе эксплуатации торфяника. Величина ежегодной компенсации утраты торфа должна составлять не менее:

$$\Delta h_{T,K} = 51,0 - 22,4 = 28,6 \text{ м/га} \cdot \text{год}$$

4.3 Оценка противопожарной водообеспеченности мелиорируемых торфяников

4.3.1 Основные положения и расчётные формулы

Территория осушаемых торфяников разбивается на расчётные участки по нормативным критериям [3]:

- должен быть отдельный водоисточник для тушения пожара на площади:
 $A_i \leq 1000 \text{ га}$

- количество водоисточников, т.е. расчётных участков, должно быть - не менее:

$$n = 0,1 \cdot A_{oc}, \text{ шт} , \quad (4.15)$$

где A_{oc} – площадь осушаемых торфяников, км^2 .

Требуемый расход воды для тушения пожара на расчётном участке определяется по формуле:

$$Q_{ni} = \frac{q_n \cdot \sqrt{A_i}}{3600}, \text{ м}^3 / \text{с} \quad (4.16)$$

где q_n - нормативный удельный расход воды на пожаротушение, $м^3 / с \cdot км$;
 A_i - площадь торфяного массива на расчётном участке, $км^2$.
Потребный объём воды на тушение пожара будет равен:

$$W_{ni} = 24 \cdot Q_{ni} \cdot t_n, м^3 \quad (4.17)$$

где t_n - нормативно-расчётная продолжительность тушения одного пожара. Согласно действующим нормативам [3], для участков площадью $\leq 1000га$ и в условиях Нечерноземной зоны РФ: $t_n = 2сут$, $q_n = 160 м^3 / ч \cdot км$.

В случаях использования в качестве водоисточника «живого» стока реки - должно выполняться условие:

$$Q_M \geq \sum Q_{ni} + Q_{min}, м^3 / с \quad (4.18)$$

где Q_M - расчётный расход воды в реке для года 75% обеспеченности - среднедекадный и в период летней межени (в особых случаях: $P=90\%$), $м^3 / с$;

Q_{min} - минимальный допустимый расход воды в реке - ниже расчётного створа, $м^3 / с$. Этот расход - при отсутствии ниже по течению реки водопотребителей – будет равен:

$$Q_{min} = K_c \cdot Q_M, м^3 / с, \quad (4.19)$$

где K_c – доля попуска санитарного расхода воды в реке в период летней межени. Его величина в расчёте может быть принята: $K_c=0,75$ – при условии соблюдения всех природоохранных норм и требований по осуществлению отбора воды в реке (из естественного стока воды).

В случае невыполнимости требуемого условия (4.18) - рекомендуется:

- проектирование специальных противопожарных водоёмов;
- проектирование противопожарных водоёмов - совместно с частичным использованием живого стока воды реки-водоисточника.

4.3.2 Пример расчёта противопожарной водообеспеченности

Исходные данные:

1. Местоположение объекта – Брянская область.
2. Площадь осушаемого торфяника (на примере схемы ПТК-2):

$$A_{OC} = A_2 + A_3 = 241,2 + 335,8 = 577,0 \text{ га.}$$

3. Расход воды в реке в период летней межени - для условий года 75% обеспеченности: $Q_M = 0,18 \text{ м}^3/\text{с}$.

Расчёт

На основе действующего норматива (ф-ла 4.15) - устанавливаем количество независимых водоисточников (расчётных участков):

$$n = 0,1 \cdot A_{OC} = 0,1 \cdot 5,77 = 0,577 \text{ шт.}$$

Принимаем требуемое количество водоисточников $n=1$ шт и нормативные показатели для пожаротушения в условиях Брянской области:

- удельный расход на пожаротушение: $q_n = 160 \text{ м}^3 / \text{с} \cdot \text{км}$;

- расчётная продолжительность тушения пожара: $t_n = 2 \text{ сут}$.

Минимальный допустимый санитарный расход – в створе ниже гидромелиоративной системы должен составлять (ф-ла 4.19):

$$Q_{\min} = K_C \cdot Q_M = 0,75 \cdot 0,18 = 0,135 \text{ м}^3 / \text{с},$$

где $K_C = 0,75$ – доля санитарного расхода при отборе естественного тока воды (согласно природоохранным требованиям).

Потребный расход воды на пожаротушение будет равен (ф-ла 4.16):

$$Q_{ni} = \frac{q_n \cdot \sqrt{A_i}}{3600} = \frac{160 \cdot \sqrt{5,77}}{3600} = 0,107 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Потребный объём воды на тушение пожара (ф-ла 4.17):

$$W_{ni} = 24 \cdot Q_{ni} \cdot t_n = 24 \cdot 3600 \cdot 0,107 \cdot 2 = 18489,6 (18500) \text{ м}^3$$

Проверяем условие (4.18) - достаточности живого стока воды в реке:

$$Q_M \geq \sum Q_{ni} + Q_{\min}, \text{ м}^3 / \text{с}$$
$$0,180 \text{ м}^3 / \text{с} < 0,107 + 0,135 = 0,242 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Выводы:

1. Условие (4.18) не выполняется, что указывает на существующую возможность - только частичного использования стока реки для целей пожаротушения.

2. На данном объекте рекомендуется комбинированный вариант противопожарного водоснабжения – вариант проектирования специальных противопожарных водоёмов и частичного использования живого стока реки.

4.4 Оценка загрязнения грунтовых вод при использовании сточных вод для орошения

4.4.1 Общие положения и расчётные формулы

Данная тема охватывает один из проблемных вопросов утилизации сточных вод – пригодности использования для орошения сточных вод животноводческих комплексов [6]. Основные биогенные загрязнители (по фосфору, калию, азоту), поступающие с этими водами, могут увеличивать общую минерализацию грунтовых вод. В данном случае рассматривается вопрос прогнозной оценки наиболее токсичного - нитратного загрязнения. Азот в почвенном горизонте подвергается нитрификации, нитраты легко вымываются из почвы и поступают в грунтовые воды, вызывая их загрязнение.

Оценку концентрации нитратов в грунтовых водах после орошения сточными водами рекомендуется производить по формулам (Гольдберг, 1984):

а) на конец первого года орошения:

$$C_1 = \frac{W_\phi \cdot C_\phi + L \cdot B \cdot H \cdot m \cdot C_0}{W_\phi + L \cdot B \cdot H \cdot m}, \text{ мг / л} \quad (4.20)$$

б) для последующих лет - после начала орошения (на конец «n»-го года):

$$C_n = \frac{W_\phi \cdot C_\phi + B \cdot \left(L - \frac{v \cdot t}{m}\right) \cdot H \cdot m \cdot C_{n-1} + B \cdot v \cdot t \cdot H \cdot C_0}{W_\phi + L \cdot B \cdot H \cdot m}, \text{ мг / л} \quad (4.21)$$

где L – сторона массива орошения, совпадающая с направлением естественного потока грунтовых вод, m ;

B – другая сторона массива орошения, м;

m – коэффициент пористости водоносного пласта ($m = 0,30 \dots 0,40$);

H – средняя мощность водоносного горизонта, м.

t – годовая продолжительность межполивного сезона:

$$t = 365 - t_{\text{вер}}, \text{ сут} \quad (4.22)$$

$t_{\text{вер}}$ – продолжительность вегетационного периода – оросительного сезона (в зависимости от с/х использования земель: $t_{\text{вер}}=120 \dots 130$), сут;

C_0 – природное (фоновое) содержание нитратов в грунтовых водах, мг/л;

C_{n-1} – концентрация азота в грунтовых водах в предыдущем году, мг/л.

v – скорость фильтрации естественного потока грунтовых вод:

$$v = K \cdot I, \text{ м/сут} \quad (4.23)$$

K – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;

I – средний уклон поверхности грунтовых вод в пределах орошаемого массива.

W_{ϕ} – объём профильтровавшихся оросительных сточных вод:

$$W_{\phi} = \Delta W_{\phi} \cdot F \cdot t_n, \text{ м}^3 \quad (4.24)$$

F – орошаемая площадь, га;

t_n – продолжительность поливного периода, сут.

ΔW_{ϕ} – среднесуточная интенсивность поступления инфильтрата оросительной воды ($\text{м}^3/\text{сут}$ на 1га).

C_{ϕ} – средняя концентрация азота в фильтрующихся сточных водах, определяемая из уравнения баланса азота за год:

$$Q = Q_y + Q_n + Q_a + Q_{\phi}, \text{ кг/га}, \quad (4.25)$$

где Q – поступление азота с оросительной водой:

$$Q = C \cdot M \cdot 10^{-3}, \text{ кг/га} \quad (4.26)$$

C – исходное содержание азота в поливной воде, мг/л;

M – оросительная норма, $м^3/га$.

Q_y – вынос азота с урожаем с/х культур (устанавливается по справочным данным - в зависимости от вида с/х культур, урожайности и ряда природных факторов). В данных условиях: $Q_y=240\dots260$ кг/га – по многолетним травам.

Q_n – задержка азота в почве, которая в данных условиях будет составлять:

$$Q_n = (0,03\dots0,05) \cdot Q, \text{ кг/га} \quad (4.27)$$

Q_a – выделяемый азот из почвы в атмосферу -- за счёт денитрификации:

$$Q_a = (0,15\dots0,25) \cdot Q, \text{ кг/га} \quad (4.28)$$

Q_ϕ – уход азота с фильтрующимися оросительными водами:

$$Q_\phi = C_\phi \cdot \Delta W_\phi \cdot t_n \cdot 10^{-3} \quad (4.29)$$

После подстановки выше приведенных показателей в уравнение баланса (4.25) получаем выражение:

$$Q = Q_y + Q_n + Q_a + C_\phi \cdot \Delta W_\phi \cdot t_n \cdot 10^{-3}, \text{ кг/га},$$

откуда определяется концентрация азота в фильтрующихся сточных водах:

$$C_\phi = \frac{Q - Q_y - Q_n - Q_a}{\Delta W_\phi \cdot t_n \cdot 10^{-3}}, \text{ мг/л} \quad (4.30)$$

Содержание нитратов в грунтовых водах должно удовлетворять условию:

$$C_n \leq C_{ПДК}, \quad (4.31)$$

где $C_{ПДК}$ – ПДК (предельная допустимая концентрация) азота в грунтовых водах, величина которой устанавливается соотв. нормативами. В условиях данного расчёта её величину можно принять: $C_{ПДК} = 10$ мг/л.

Время от начала орошения, за которое концентрация нитратов в грунтовых водах достигнет предельного значения, будет равно:

$$T = \frac{(C_{\text{пдк}} - C_1) + \Delta C}{\Delta C}, \text{ лет}, \quad (4.32)$$

где C_1 - концентрация нитратов на конец первого года орошения, мг/л;

ΔC – средняя ежегодная величина прироста концентрации нитратов в грунтовых водах. Её величину рекомендуется определять в пределах укороченного расчётного периода « n » (5...10 лет от начала орошения), используя метод экстраполяции - в целях упрощения расчёта. В этом случае может быть использована следующая формула:

$$\Delta C = \frac{(C_2 - C_1) + (C_3 - C_2) + \dots + (C_n - C_{n-1})}{n - 1}, \text{ мг / л} \quad (4.33)$$

В конечном итоге расчёта должно выполняться условие:

$$T \leq T_n, \quad (4.34)$$

где T_n - нормативный срок службы объекта, лет.

Невыполнимость данного условия будет указывать на необходимость проектирования специальных проектных мероприятий - мероприятий либо предотвращающих, либо снижающих концентрацию нитратов в грунтовых водах.

4.4.2 Пример выполнения расчёта

Исходные данные:

1. Исходное содержание азота в оросительной воде: $C = 210$ мг/л.
2. Оросительная норма: $M = 1900$ м³/га.
3. Интенсивность инфильтрации оросительной воды: $\Delta W_{\phi} = 9,5$ м³/га·сут.
4. Средний уклон поверхности грунтовых вод: $I = 0,007$.
5. Средняя мощность водоносного горизонта $H = 16$ м, его коэффициенты: фильтрации – $K = 1,75$ м/сут, пористости - $m = 0,36$.

Другие исходные расчётные показатели:

- природное содержание нитратов в грунтовых водах: $C_0 = 2,0$ мг/л;
- вынос азота с урожаем с/х культур: $Q_y = 255$ кг/га;
- продолжительность поливного периода (оросительного сезона):

$$t_n = t_{\text{вер}} = 125 \text{ суток};$$

- годовая продолжительность межполивного сезона:

$$t = 365 - t_{\text{вер}} = 365 - 125 = 240 \text{ суток};$$

- площадь орошаемого массива: $F=110$ га;

- картометрические размеры массива орошения в направлении главного потока грунтовых вод: $L=1350$ м, $B=2050$ м;

- нормативный срок службы объекта: $T_{\text{н}}=50$ лет.

Расчёт

Элементы уравнения годового баланса азота будут равны:

- вынос азота с урожаем с/х культур: $Q_y=255$ кг/га – принято по многолетним травам;

- поступление азота с оросительной водой – по ф-ле (4.26):

$$Q = C \cdot M \cdot 10^{-3} = 210 \cdot 1900 \cdot 10^{-3} = 399 \text{ кг/га};$$

- задержка азота в почве – по ф-ле (4.27):

$$Q_n = (0,03 \dots 0,05) \cdot Q = 0,04 \cdot 399 = 15,96(16) \text{ кг/га};$$

- выделяемый азот из почвы в атмосферу – по ф-ле (4.28):

$$Q_a = (0,15 \dots 0,25) \cdot Q = 0,20 \cdot 399 = 79,8(80) \text{ кг/га}.$$

Концентрация азота в фильтрующихся сточных водах будет равна – по формуле (4.30):

$$C_{\phi} = \frac{Q - Q_y - Q_n - Q_a}{\Delta W_{\phi} \cdot t_n \cdot 10^{-3}} = \frac{399 - 255 - 16 - 80}{9,5 \cdot 125 \cdot 10^{-3}} = 40,42(40,4) \text{ мг/л}$$

Объём профильтровавшихся оросительных сточных вод определяем по формуле (4.24):

$$W_{\phi} = \Delta W_{\phi} \cdot F \cdot t_n = 9,5 \cdot 110 \cdot 125 = 130625 \text{ м}^3.$$

Скорость фильтрации естественного потока грунтовых вод будет равна – по ф-ле (4.23):

$$v = K \cdot I = 1,75 \cdot 0,007 = 0,01225 \text{ м/сут}.$$

По формуле (4.20) определяем концентрацию нитратов в грунтовых водах на конец первого года орошения:

$$C_1 = \frac{W_\phi \cdot C_\phi + L \cdot B \cdot H \cdot m \cdot C_0}{W_\phi + L \cdot B \cdot H \cdot m} = \frac{130625 \cdot 40,4 + 1350 \cdot 2050 \cdot 16 \cdot 0,36 \cdot 2,0}{130625 + 1350 \cdot 2050 \cdot 16 \cdot 0,36} = 2,312 \text{ мг / л}$$

Для оценки средней ежегодной величины прироста концентрации нитратов в грунтовых водах используем формулу (4.21) – оценки концентрации для последующих лет после начала орошения. В целях упрощения -- расчёты проводим для периода первых $n=5$ лет после начала орошения, т.е для 4-х последующих лет, а именно:

-концентрация нитратов на конец 2-го года после начала орошения:

$$C_2 = \frac{W_\phi \cdot C_\phi + B \cdot \left(L - \frac{v \cdot t}{m}\right) \cdot H \cdot m \cdot C_1 + B \cdot v \cdot t \cdot H \cdot C_0}{W_\phi + L \cdot B \cdot H \cdot m} =$$

$$= \frac{130625 \cdot 40,4 + 2050 \cdot \left(1350 - \frac{0,01225 \cdot 240}{0,36}\right) \cdot 16 \cdot 0,36 \cdot 2,312 + 2050 \cdot 0,01225 \cdot 16 \cdot 2,0}{130625 + 1350 \cdot 2050 \cdot 16 \cdot 0,36} =$$

$$= \frac{5277250 + 15844446 \cdot 2,312 + 804}{16071425} = 2,608 \text{ мг / л.}$$

Для последующих 3-х лет аналогично получаем:

$$C_3 = \frac{5277250 + 15844446 \cdot C_2 + 804}{16071425} = \frac{5277250 + 15844446 \cdot 2,608 + 804}{16071425} = 2,900 \text{ мг / л.}$$

$$C_4 = \frac{5277250 + 15844446 \cdot C_3 + 804}{16071425} = \frac{5277250 + 15844446 \cdot 2,900 + 804}{16071425} = 3,187 \text{ мг / л.}$$

$$C_5 = \frac{5277250 + 15844446 \cdot C_4 + 804}{16071425} = \frac{5277250 + 15844446 \cdot 3,187 + 804}{16071425} = 3,470 \text{ мг / л.}$$

Средняя ежегодная величина прироста концентрации нитратов в грунтовых водах будет равна – по формуле (4.33):

$$\Delta C = \frac{(C_2 - C_1) + (C_3 - C_2) + (C_4 - C_3) + (C_5 - C_4)}{n - 1}, \text{ мг / л}$$

$$\Delta C = \frac{(2,608 - 2,312) + (2,900 - 2,608) + (3,187 - 2,900) + (3,470 - 3,187)}{5 - 1} = 0,289 \text{ мг / л}$$

Время, за которое концентрация достигнет предельного значения, будет равно (ф-ла 4.32):

$$T = \frac{(C_{ПДК} - C_1) + \Delta C}{\Delta C} = \frac{(10,000 - 2,312) + 0,289}{0,289} = 27,6(27) \text{ лет}$$

Выводы:

1. Нормативное условие (4.31): $C_n \leq C_{ПДК}$ в данном случае будет выдерживаться только для первых $T=27$ лет после начала орошения.

2. Нормативное условие (4.34): $T \leq T_n$ ($T=27$ лет $\leq T_n=50$ лет) - в данных условиях не выполняется.

Следовательно, в процессе функционирования ПТК подземные воды могут получить недопустимую величину загрязнения нитратами, что указывает на необходимость проработки специальных проектных мероприятий по снижению концентрации нитратов в грунтовых водах.

4.5 Оценка химического загрязнения реки-водоприёмника

4.5.1 Основы оценки загрязнения реки-водоприёмника

Химическое загрязнение реки-водоприёмника со стороны мелиоративной системы вызывается в основном:

- вымывом веществ из зоны аэрации;
- смывом веществ с поверхности почвы.

Многие вещества-загрязнители образуются вследствие.

- использования химических средств - при проведении агротехнических мероприятий на с/х полях;
- протекания почвенных биохимических процессов.

При оценке химического загрязнения все учитываемые вещества-загрязнители (ингредиенты) объединяются в расчётные группы [7] - по характеру лимитирующего показателя вредности (см. табл. 4.4), т.е. оценка производится по каждой соответствующей группе ингредиентов отдельно. По каждой группе ингредиентов должно выполняться нормативное условие:

$$\frac{C_1}{[C_1]} + \frac{C_2}{[C_2]} + \dots + \frac{C_n}{[C_n]} \leq 1 \quad (4.35)$$

где $C_1, C_2 \dots C_n$ - расчётные концентрации рассматриваемых веществ в водном объекте, $мг/л$;

$[C_1], [C_2], [C_n]$ - нормативно-допустимые предельные концентрации (ПДК) соответствующих веществ-ингредиентов, $мг/л$ (см. табл. 4.4).

Таблица 4.4 Нормативные ПДК - предельно-допустимые концентрации веществ в воде природных водотоков [3]

Компонент (ингредиент)	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
Фосфор (Р _м)	«	«	-	3,5
Бихроматная окисляемость ХПК)	«	мг О ₂ /л	15	-
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	«	«	3	3
Нефтепродукты	«	мг/л	-	0,05
Общая минерализация **	-	«	1000	*
рН **	-	рН	6,5...8,5	6,5...8,5

Примечания: * - нормируется на месте - согласно таксациям рыбохозяйственных водных объектов; ** - не должен выходить за пределы.

Оценка качества воды речного стока должна производиться в нижнем створе объекта (ПТК) – на определенном расстоянии от места сброса (не менее), т.е. на длине участка разбавления:

$$L_c = 30 \cdot B, м \quad (4.36)$$

где B – ширина реки по урезу воды - при прохождении расчётного расхода, м.

4.5.2 Оценка качества характерных видов стока с мелиоративных систем

Расчёт концентрации веществ в воде стока мелиоративных систем (отдельно по каждому ингредиенту) - для устьевых створов магистральных каналов - производится по формуле:

$$C_{Ki} = \frac{c_1 \cdot q_1 \cdot A_1 + c_2 \cdot q_2 \cdot A_2 + \dots + c_n \cdot q_n \cdot A_n}{q_1 \cdot A_1 + q_2 \cdot A_2 + \dots + q_n \cdot A_n}, \text{ мг/л} \quad (4.37)$$

где $c_1, c_2 \dots c_n$ – расчётные концентрации « i -го» ингредиента в стоке расчётных участков, мг/л;

$A_1, A_2 \dots A_n$ – площади соответствующих расчётных участков, га;

$q_1, q_2 \dots q_n$ – модули стока в расчётный период -- с площадями соответствующих участков, л/с·га.

При применении формулы (4.37) количество расчётных её частей « n » устанавливается в основном:

-для двух характерных частей водосборной площади мелиоративной системы – внешней и дренируемой (осушаемой);

-по двум видам стока – подземному и поверхностному.

Возможно расчленение выше указанных 4-х частей площади водосбора на дополнительные расчётные части-участки – по условиям существенного различия качества воды стока, например: для торфяников, для отдельных видов с/х использования, при значительной распаханности части водосбора, при наличии на водосборе крупных объектов-загрязнителей и пр.

Концентрация i -го ингредиента в стоке реки-водоприемника в нижнем расчетном створе мелиоративной системы (ПТК) определяется по формуле:

$$C_{Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{Ki} \cdot Q_{Ki}) + C_{\Phi i} \left(Q_P - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \right)}{Q_P}, \text{ мг/л} \quad (4.38)$$

$C_{Ki} \cdot Q_{Ki}$ - соответственно расчётные: концентрации и расходы воды в устьевых створах магистральных каналов ПТК (мг/л, л/с);

Q_P - расчётный расход воды в нижнем створе реки-водоприёмника, л/с;

$C_{\Phi i}$ - природно-фоновая концентрация соотв. ингредиента в реке, мг/л.

Например, для схемы ПТК-1 (прилож. 2.1) формула (4.38) будет иметь вид:

$$C_P = \frac{c_1 \cdot Q_1 + c_2 \cdot Q_2 + c_{\Phi} \cdot (Q_P - Q_1 - Q_2)}{Q_P}, \text{ мг/л} \quad (4.39)$$

В большинстве расчётных методов [2] - при оценке концентрации выносимых веществ в различных видах стока широко используется показатель массы выноса веществ (m , кг/га) - за расчётный период времени (T , сут). При известной массе выноса вещества рекомендуется в основе расчёта использовать модуль выноса массы (показатель интенсивности) - по соответствующим загрязнителям (ингредиентам), определяемый по формуле:

$$n = \frac{m}{0,0864 \cdot T}, \text{ мг / с} \cdot \text{га} \quad (4.40)$$

В этом случае, концентрация загрязнителя-ингредиента в соответствующем виде стока с рассматриваемой территории будет равна

$$C = \frac{n}{q}, \text{ мг / л} \quad (4.41)$$

где q – модуль соответствующего стока, л/с·га.

При использовании в расчётах других характеристик стока (*гидрологических показателей*): по расходу (Q , л/с), слою (h , мм) и объёму стока (W , м³/га), расчётная формула (4.36) будет иметь следующие виды:

$$C = \frac{n \cdot A}{Q}, \text{ мг / л} \quad (4.42)$$

$$C = \frac{8,64 \cdot n \cdot T}{h}, \text{ мг / л} \quad (4.43)$$

$$C = \frac{86,4 \cdot n \cdot T}{W}, \text{ мг / л} \quad (4.44)$$

где A – площадь территории рассматриваемого участка, га.

В случаях использования в основе расчёта среднегодовых показателей выноса веществ - с соответствующим видом стока - учитывается степень водности расчётного периода (% обеспеченности стока) [8]. Например, при оценке модуля выноса (n_{cp}):

$$n_{P\%} = n_{cp} \cdot \Phi_{P\%}, \text{ мг / л} \quad (4.45)$$

где $\Phi_{P\%}$ – модульный коэффициент перехода от среднегодовых величин к величинам расчётной обеспеченности ($p, \%$) - (см. табл. 4.3).

Таблица 4.3 Модульные коэффициенты перехода (Φ) - от среднегодовых параметров выноса веществ к параметрам выноса для соотв. периодов и расчётных обеспеченностей

$P, \%$	5	10	20	50	75	90	95
<i>I. Сток весеннего половодья</i>							
Φ	1,94	1,67	1,38	0,92	0,63	0,44	0,34
<i>II. Сток летне-осенних дождевых паводков</i>							
Φ	2,15	1,81	1,44	0,86	0,56	0,35	0,25
<i>III. Сток меженного периода</i>							
Φ	1,74	1,53	1,31	0,95	0,71	0,53	0,45

4.5.3 Установление исходных концентраций веществ в различных видах стока (до создания ПТК)

Исходные концентрации (природно-фоновые) расчётных ингредиентов до строительства и создания ПТК как в речном, так и поверхностном и грунтовом стоке - с внешнего водосбора, устанавливаются на основе данных:

- местных многолетних наблюдений;
- специально проводимых предпроектных краткосрочных исследований (проектных изысканий).

Наиболее надёжной считается оценка качества стока с мелиоративных систем в том случае, если она производится на основе данных наблюдений - как по месту строительства, так и на объектах-аналогах. Продолжительность наблюдений должна быть не менее 3...5 лет.

В случаях отсутствия данных наблюдений - для выполнения ориентировочной оценки - широко используются расчётные методы определения концентраций (на основе существующих практических рекомендаций - [8], [9]).

4.5.4 Пример расчёта по оценке загрязнения реки-водоприёмника ПТК

Исходные данные:

1. Объекты расчёта – осушительные и двухстороннего регулирования мелиоративные системы ПТК.
2. Площадные показатели мелиоративных систем (на примере ПТК-2):
 - мелиорируемая площадь: $A_{oc} = A_2 + A_3 = 2,412 + 3,358 = 5,77 \text{ км}^2 = 577 \text{ га}$;
 - внешняя водосборная площадь (см. прилож. 1.1):

$$A_{\text{вн}}=2,8A_{\text{ос}}=2,8 \cdot 577=1615,6 \text{ (1616) га.}$$

3. Расчётный период – летне-осенние дождевые паводки 10% обеспеченности. Расход реки ЛОП 10% обеспеченности (прилож. 1.2):

$$Q_{\text{ло}} = 13,5 \text{ м}^3/\text{с.}$$

4. Модули стока ЛОП 10% обеспеченности (прилож. 1.2):

- с внешнего водосбора – поверхностного и грунтового стока

$$q_{\text{пов}}^{\text{вн}} = 2,25 \text{ л/с} \cdot \text{га}; \quad q_{\text{зр}}^{\text{вн}} = 0,052 \text{ л/с} \cdot \text{га};$$

- с мелиорируемой территории -- поверхностного и дренажного стока

$$q_{\text{пов}}^{\text{ос}} = 1,22 \text{ л/с} \cdot \text{га}; \quad q_{\text{др}}^{\text{ос}} = 0,71 \text{ л/с} \cdot \text{га.}$$

5. Среднегодовой вынос нитратов (NO_3^- - по азоту) с мелиорируемой территории (прилож. 1.1): $m = 65 \text{ кг/га.}$

6. Расчётные ингредиенты и показатели хим. состава воды в различных видах стока с ПТК -- см. табл. 4.4 (прилож. 1.3).

7. Нормативные требования к ПДК –рыбохозяйственные.

Расчёт

Установление исходных концентраций в различных видах стока

Концентрацию нитратного загрязнения в стоке с мелиоративных систем определяем на основе формул (4.40) и (4.41). Среднегодовой модуль выноса NO_3^- будет равен:

$$n_{\text{NO}_3} = \frac{m}{0,0864 \cdot T} = \frac{65,0}{0,0864 \cdot 275} = 2,736 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

где $T = T_{\text{год}} - T_{\text{зим.сез.}} = 365 - 90 = 275 \text{ сут}$ (из годового периода исключен зимний сезон, когда вынос веществ из зоны аэрации весьма незначительный).

Модуль выноса NO_3^- для периода летне-осеннего паводка в год 10% обеспеченности -- см. ф-лу (4.45) и табл. 4.3:

$$n_{\text{NO}_3} = n \cdot \Phi_{P,\%} = 2,736 \cdot 1,81 = 4,952 \text{ мг/с} \cdot \text{га}$$

Концентрация NO_3^- в дренажном стоке в период дождевого летне-осеннего паводка 10% обеспеченности будет равна – по ф-ле (4.41):

$$C_{NO_3} = \frac{n_{NO_3}}{q_{др}^{oc}} = \frac{4,952}{0,71} = 6,975(6,98) \text{ мг / л}$$

Концентрацию нитратов в поверхностном стоке с мелиоративных систем устанавливаем на основе переходных коэффициентов ($K_{пер}$) – в зависимости от концентрации соотв. вещества в дренажных водах [8]:

$$C_{ПС} = K_{ПЕР} \cdot C_{ДР} = 0,20 \cdot 6,98 = 1,396(1,40) \text{ мг / л}$$

Концентрации по нитратам и другим расчётным ингредиентам-загрязнителям -- в паводковом стоке с ПТК – приводятся в таблице 4.4.

Таблица 4.4 Показатели химического состава воды водоприёмника и стока с мелиоративных систем для летне-осеннего паводкового периода

Вид стока	Концентрация ингредиентов в воде стока, мг/л							общая минерализация
	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	P _м	F _{общ}	
<i>I. По данным местных наблюдений (предпроектных изысканий)</i>								
Река-водоприёмник ($C_{\Phi i}$)	0,03	3,6	4,2	2,5	3,8	0,11	0,13	115
Грунтовый с внешнего водосбора	0,02	2,5	21,5	13,0	11,2	0,13	0,65	390
Поверхностный с внешнего водосбора	0,05	6,8	5,3	2,1	9,9	0,10	0,12	355
<i>II. По расчётным - проектным данным</i>								
Дренажный с мелиоративных систем	0,84	1,72	28,3	25,8	6,98	0,20	1,15	540
Поверхностный с мелиоративных систем	1,02	1,95	5,7	9,0	1,40	0,45	0,57	355

Расчёт концентрации веществ-загрязнителей в сбрасываемом стоке с мелиоративных систем производим на основе расчётной формулы (4.37), которая в данном случае будет иметь вид:

$$C_{Ki} = \frac{c_1 \cdot q_1 \cdot A_1 + c_2 \cdot q_2 \cdot A_2 + c_3 \cdot q_3 \cdot A_3 + c_4 \cdot q_4 \cdot A_4}{q_1 \cdot A_1 + q_2 \cdot A_2 + q_3 \cdot A_3 + q_4 \cdot A_4} =$$

$$= \frac{C_{пов}^{вн} \cdot q_{пов}^{вн} \cdot A_{вн} + C_{др}^{вн} \cdot q_{др}^{вн} \cdot A_{вн} + C_{пов}^{oc} \cdot q_{пов}^{oc} \cdot A_{oc} + C_{др}^{oc} \cdot q_{др}^{oc} \cdot A_{oc}}{q_{пов}^{вн} \cdot A_{вн} + q_{др}^{вн} \cdot A_{вн} + q_{пов}^{oc} \cdot A_{oc} + q_{др}^{oc} \cdot A_{oc}}, \text{ мг / л}$$

После соответствующих преобразований получаем расчётный вид формулы (4.37) – для условий данного ПТК:

$$C_{Ki} = \frac{(C_{нов}^{вн} \cdot q_{нов}^{вн} + C_{зр}^{вн} \cdot q_{зр}^{вн}) \cdot A_{вн} + (C_{нов}^{ос} \cdot q_{нов}^{ос} + C_{др}^{ос} \cdot q_{др}^{ос}) \cdot A_{ос}}{(q_{нов}^{вн} + q_{зр}^{вн}) \cdot A_{вн} + (q_{нов}^{ос} + q_{др}^{ос}) \cdot A_{ос}}, \text{мг / л}$$

После подстановки расчётных показателей (см. исх. данные) -- получаем конечную расчётную формулу:

$$C_{Ki} = \frac{(C_{нов}^{вн} \cdot 2,25 + C_{зр}^{вн} \cdot 0,052) \cdot 1616 + (C_{нов}^{ос} \cdot 1,22 + C_{др}^{ос} \cdot 0,71) \cdot 577}{(2,25 + 0,052) \cdot 1616 + (1,22 + 0,71) \cdot 577}, \text{мг / л}$$

$$C_{Ki} = \frac{(C_{нов}^{вн} \cdot 2,25 + C_{зр}^{вн} \cdot 0,052) \cdot 1616 + (C_{нов}^{ос} \cdot 1,22 + C_{др}^{ос} \cdot 0,71) \cdot 577}{4833,6}, \text{мг / л},$$

где в знаменателе формулы – суммарный расход воды магистральных каналов ПТК, впадающих в реку-водоприёмник:

$$\sum (q_i \cdot A_i) = Q_{Ki} = 4833,6 \text{ л / с}$$

Используя показатели таблицы 4.4, получаем концентрации по всем расчётным ингредиентам (в устьевых створах каналов ПТК). Например, для ингредиента (NH_4^+):

$$C_{\text{NH}_4^+} = \frac{(0,05 \cdot 2,25 + 0,02 \cdot 0,052) \cdot 1616 + (1,02 \cdot 1,22 + 0,84 \cdot 0,71) \cdot 577}{4833,6} = 0,26 \text{ мг / л},$$

-для ингредиента (K^+):

$$C_{\text{K}^+} = \frac{(6,8 \cdot 2,25 + 2,5 \cdot 0,052) \cdot 1616 + (1,95 \cdot 1,22 + 1,72 \cdot 0,71) \cdot 577}{4833,6} = 5,59 \text{ мг / л}.$$

Аналогично производим расчёты по остальным ингредиентам:

$$C_i = \frac{(\langle \cdot \rangle \cdot 2,25 + \langle \cdot \rangle \cdot 0,052) \cdot 1616 + (\langle \cdot \rangle \cdot 1,22 + \langle \cdot \rangle \cdot 0,71) \cdot 577}{4833,6} = \dots \text{ мг / л}.$$

Результаты расчёта по остальным расчётным ингредиентам приводятся в таблице 4.5.

Таблица 4.5 Концентрации веществ в стоке магистральных каналов ПТК
(в устьевых створах)

Расчётные ингредиенты		NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	P _M	F _{общ}	Общая минерализация
Концентрация	(C _i), мг/л	0,26	5,59	7,57	5,30	7,19	0,16	0,28	125

Оценка химического загрязнения реки-водоприёмника

Оценку концентрации расчётных веществ-загрязнителей в речном стоке производим на основе формулы (4.38), преобразованной к данным условиям - на основе показателей таблиц 4.4 и 4.5.

Концентрации расчётных ингредиентов в речном стоке на расстоянии (L_c) - ниже впадения последнего магистрального канала - будут равны:

$$L_c = 30 \cdot B_p = 30 \cdot 38 = 1140 \text{ м}$$

$$C_{Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{Ki} \cdot Q_{Ki}) + C_{\Phi i} \left(Q_P - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \right)}{Q_P} = \frac{C_{Ki} \cdot \sum Q_{Ki} + C_{\Phi i} \cdot (Q_P - \sum Q_{Ki})}{Q_P}, \text{ мг / л}$$

$$C_{Pi} = \frac{C_{Ki} \cdot 4833,6 + C_{\Phi i} \cdot (13500 - 4833,6)}{13500} = \frac{C_{Ki} \cdot 4833,6 + C_{\Phi i} \cdot 8666,4}{13500}, \text{ мг / л}$$

-для ингредиента (NH₄⁺):

$$C_{NH_4^+} = \frac{0,26 \cdot 4833,6 + 0,03 \cdot 8666,4}{13500} = 0,11 \text{ мг / л};$$

-для ингредиента (K⁺):

$$C_{K^+} = \frac{5,59 \cdot 4833,6 + 3,6 \cdot 8666,4}{13500} = 4,31 \text{ мг / л}.$$

По остальным расчётным ингредиентам расчёты производим аналогично, результаты расчётов приводятся в таблице 4.6.

Таблица 4.6 Расчётные концентрации веществ в стоке реки-водоприёмника
(мг/л) – в створе ниже территории ПТК

Расчётные ингредиенты		NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	P _M	F _{общ}	Общая минерализация
Концентрация веществ в стоке	после стр-ва ПТК	0,11	4,31	5,41	3,50	5,01	0,13	0,18	119
	до стр-ва ПТК (см. табл. 4.4)	0,03	3,60	4,20	2,50	3,80	0,11	0,13	115

Продолжение таблицы 4.6

Кратность увеличения концентрации	3,67	1,20	1,29	1,40	1,32	1,18	1,38	1,03
Предельно допустимая концентрация (по рыбохозяйственн. нормативам)	0,50	50	40	120	40	3,50	0,30	*500
Лимитирующий нормативный показатель вредности	Т	СТ	СТ	СТ	СТ	ОЛ	ОЛ	-

Примечание. * $[C_{\text{общ}}]=500\text{мг/л}$ – принимается согласно местным требованиям к данному объекту.

Для оценки качества речного стока - после сброса коллекторно-дренажных и поверхностных вод – группируем расчётные ингредиенты по лимитирующим показателям вредности. Оценку качества стока производим на

выполнимость норм. условия (ф-ла 4.35) -- $\frac{C_1}{[C_1]} + \frac{C_2}{[C_2]} + \dots + \frac{C_n}{[C_n]} \leq 1$:

а) токсикологическая группа («Т»): NH_4

$$\frac{0,11}{0,50} = 0,22 < 1$$

б) санитарно-токсикологическая группа («СТ»): К, Mg, Na и NO_3

$$\frac{4,31}{50} + \frac{5,41}{40} + \frac{3,50}{120} + \frac{5,01}{40} = 0,38 < 1$$

в) органолептическая группа («ОЛ»): P и Fe

$$\frac{0,13}{3,50} + \frac{0,18}{0,30} = 0,64 < 1$$

г) общая минерализация – выполнимость условия: $C_{\text{общ}} \leq C_{\text{пдж}}$

$$C_{\text{общ}} = 119\text{мг/л} < C_{\text{пдж}} = 500\text{мг/л}$$

Выводы:

Анализ результатов данного расчёта позволяет заключить следующее:

1. Увеличение концентрации веществ в паводковом стоке реки (кроме аммония - NH_4^+) следует ожидать в целом до 1,4 раза. Несмотря на такое значительное увеличение, абсолютные показатели концентрации ингредиентов остаются в рамках допустимого предела - значительно ниже ПДК.

2. Выполнимость нормативных условий и со значительным запасом - указывает на несущественное ухудшение качества воды реки-водоприёмника.

3. Особое внимание следует обратить на резкое увеличение концентрации аммония (более, чем в 3,5 раза) – как ингредиента, имеющего особый показатель вредности (токсичный). В данном случае рекомендуется анализ причин увеличения сброса и проектная проработка мероприятий по снижению выноса аммония с территории ПТК.

Приложения

Приложение 1. Исходные данные для выполнения практических заданий

Приложение 1.1 Варианты расчётных показателей

№ варианта задания	ПТК		Гидрогеологические показатели водоносного горизонта на терр. зон влияния ПТК				Показатели торфяников	
	№ схемы	площадь $A, га$	грунт	мощность, $H, м$	коэфф. фильтрации $K, м/сут$	уклон поверхности грунтовых вод, I	мощность, $H_0, м$	допустимый слой сработки $\Delta H_T, м$
1	1	2100	песок	10	2,00	0,0008	2,00	0,25
2	2	2000	песок	11	1,95	0,0007	2,10	0,25
3	1	2050	песок	12	1,80	0,0006	2,20	0,30
4	2	1950	песок	13	1,75	0,0005	2,30	0,30
5	1	2000	супесь	14	1,70	0,0004	2,40	0,30
6	2	1900	супесь	15	1,65	0,0008	2,20	0,35
7	1	1950	супесь	16	1,60	0,0007	2,60	0,35
8	2	1850	супесь	17	1,55	0,0006	2,70	0,40
9	1	1900	супесь	18	1,50	0,0005	2,80	0,40
10	2	1800	супесь	19	1,55	0,0004	2,90	0,45
11	1	1850	супесь	20	1,60	0,0004	3,00	0,45
12	2	1750	супесь	14	1,65	0,0005	3,05	0,45
13	1	1800	песок	15	1,70	0,0006	2,95	0,45
14	2	1700	песок	16	1,75	0,0007	2,85	0,40
15	1	1750	песок	17	1,80	0,0008	2,75	0,40
16	2	1650	песок	18	1,85	0,0008	2,65	0,35
17	1	1700	песок	19	1,90	0,0007	2,55	0,35
18	2	1600	песок	20	1,95	0,0006	2,45	0,30
19	1	1550	песок	10	2,00	0,0005	2,35	0,30
20	2	1500	песок	11	1,95	0,0004	2,25	0,25
21	1	1600	песок	12	1,90	0,0008	2,15	0,25
22	2	2050	песок	13	1,85	0,0007	2,05	0,25
23	1	2150	песок	14	1,80	0,0006	2,45	0,30
24	2	2100	супесь	15	1,75	0,0005	2,55	0,30
25	1	2200	супесь	16	1,70	0,0004	2,65	0,35

Продолжение приложения 1.1

№ варианта задания	Показатели орошения сточными водами			Гидрографические и гидрологические показатели реки-водоприёмника ПТК				Мелиоративные системы ПТК	
	оросятельная норма M , $м^3/га$	интенс. инфильтрации оросит. воды ΔW_{ϕ} , $м^3/га \cdot сут$	содер. нитратов (по азоту) в инфильтрате C , $мг/л$	ширина русла B_p , $м$	площадь водосбора A , $км^2$	длина L_p , $км$	расход летней межени 75% обесп. $Q_{м.75\%}$, $м^3/с$	площадь внешнего водосбора	вынос нитратов NO_3^- (по азоту) t , $кг/га \cdot год$
1	2100	10,0	190	30	30	40	0,15	2,5 A_{oc}	40
2	2050	9,0	200	32	35	42	0,16	2,6 A_{oc}	41
3	2000	8,0	210	34	40	44	0,17	2,7 A_{oc}	42
4	1950	7,0	205	36	45	46	0,18	2,8 A_{oc}	43
5	2100	5,0	195	38	50	48	0,19	2,9 A_{oc}	44
6	1900	6,0	210	40	55	50	0,20	3,0 A_{oc}	45
7	2100	4,0	191	42	60	52	0,21	3,1 A_{oc}	46
8	2050	4,5	192	44	65	54	0,22	3,2 A_{oc}	47
9	2000	5,5	193	46	70	56	0,23	3,3 A_{oc}	48
10	1950	6,5	194	48	75	58	0,24	3,4 A_{oc}	49
11	1900	7,5	196	50	80	60	0,25	3,5 A_{oc}	50
12	1900	8,5	197	52	30	62	0,26	3,5 A_{oc}	51
13	1950	9,0	198	54	35	64	0,25	3,4 A_{oc}	52
14	2000	9,5	199	56	40	66	0,24	3,3 A_{oc}	53
15	2050	8,0	200	58	45	68	0,23	3,2 A_{oc}	54
16	2100	8,5	201	60	50	70	0,22	3,1 A_{oc}	55
17	2100	7,0	202	59	55	72	0,21	3,0 A_{oc}	56
18	2050	7,5	203	57	60	74	0,20	2,9 A_{oc}	57
19	2000	6,0	204	55	65	76	0,19	2,8 A_{oc}	58
20	1950	6,5	205	53	70	78	0,18	2,7 A_{oc}	59
21	1900	5,0	206	51	75	80	0,17	2,6 A_{oc}	60
22	1900	5,5	207	49	80	77	0,16	2,5 A_{oc}	61
23	1950	4,5	208	47	35	65	0,15	3,6 A_{oc}	62
24	2000	4,0	209	45	45	55	0,20	2,4 A_{oc}	63
25	2050	6,0	210	35	55	45	0,25	2,3 A_{oc}	64

Приложение 1.2

Расчётные гидрологические показатели мелиоративных систем ПТК

Местоположение расчётного створа	Водосборная площадь, га (км ²)		Среднесуточный расход летне-осеннего паводка 10% обеспеченности - $Q_{л.о.}$, м ³ /с	Модули стока летне-осеннего дождевого паводка 10% обеспеченности - q , л/с-га			
	осушительная, $A_{ос}$	внешняя, $A_{вн}$		с внешнего водосбора		с мелиорируемой территории	
				поверхн. стока $q_{пов}^{вн}$	грунтового стока $q_{гр}^{вн}$	поверхн. стока $q_{пов}^{ос}$	дренажн. стока $q_{др}^{ос}$
Река-водоприёмник – ниже ПТК	-	-	12,0...14,0	-	-	-	-
В устьях магистральных каналов	-	2,50-2,80	0,04-0,06	1,10-1,25	0,65-0,75

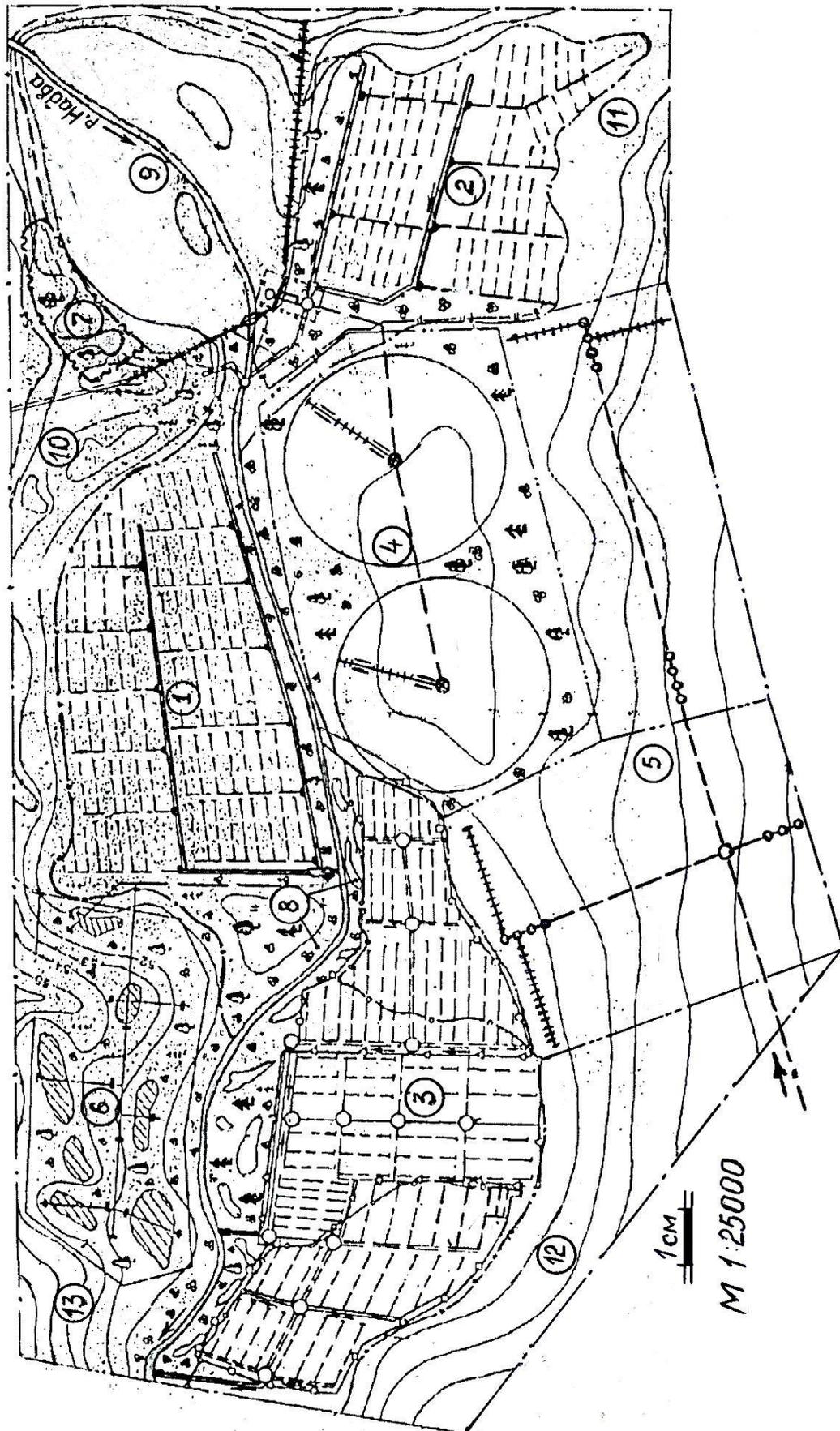
Приложение 1.3

Показатели химического состава воды реки-водоприёмника и стока с мелиоративных систем ПТК для периодов летне-осенних дождевых паводков

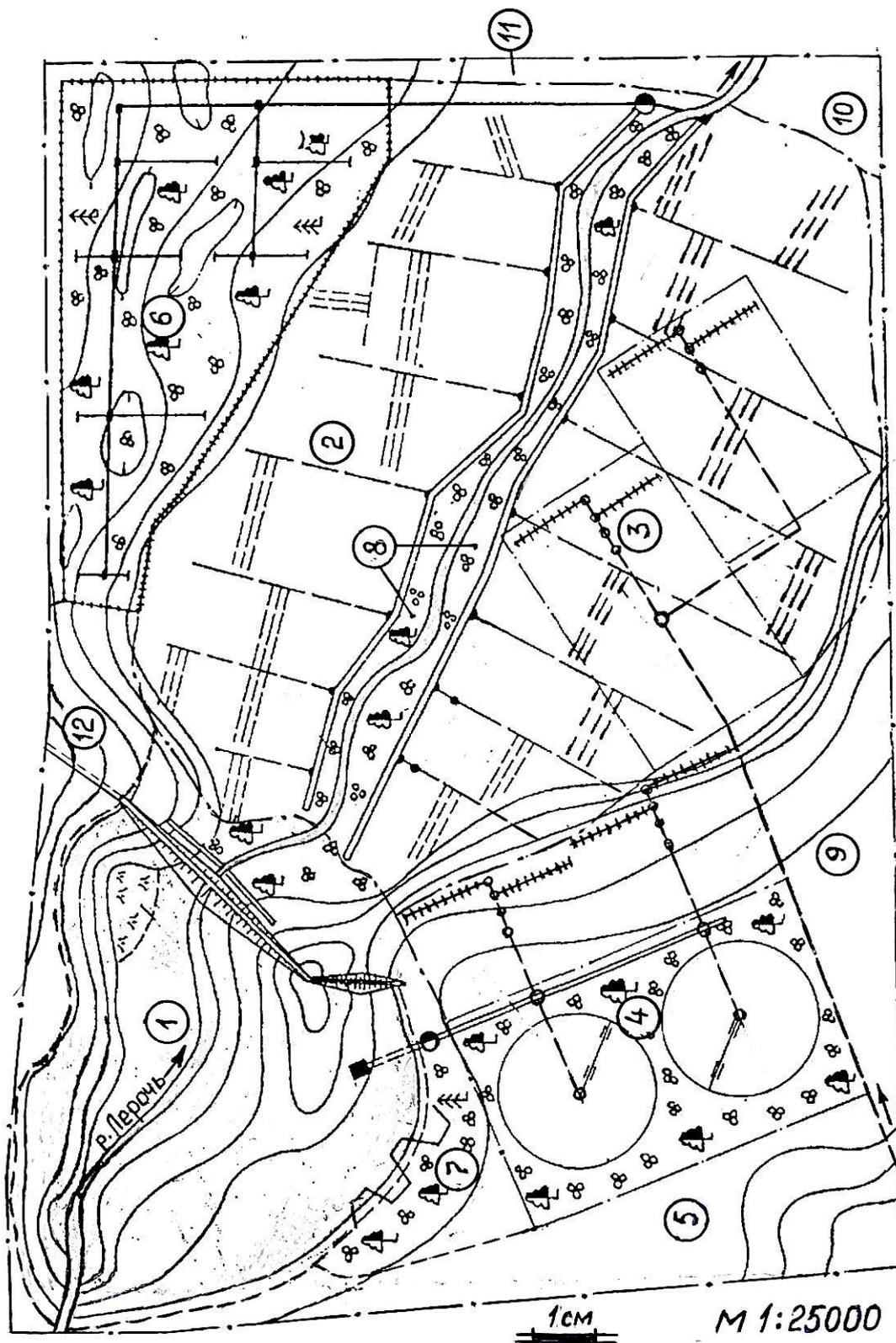
Вид стока	Концентрация ингредиентов в воде стока, мг/л							
	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	P _м	F _{общ}	общая минерализация
<i>I. По данным местных наблюдений (предпроектных изысканий)</i>								
Река - водоприёмник	0,03	3,6	4,2	2,5	3,8	0,11	0,13	115
Грунтовой с внешнего водосбора	0,02	2,5	21,5	13,0	11,2	0,13	0,65	390
Поверхностный с внешнего водосбора	0,05	6,8	5,3	2,1	9,9	0,10	0,12	355
<i>II. По расчётным - проектным данным</i>								
Дренажный с мелиоративных систем	0,84	1,72	28,3	25,8	...	0,20	1,15	540
Поверхностный с мелиоративных систем	1,02	1,95	5,7	9,0	...	0,45	0,57	355

Приложение 2 Варианты схем плановой компоновки ПТК

Приложение 2.1 Схема плановой компоновки ПТК-1



Приложение 2.2 Схема плановой компоновки ПТК-2



Приложение 3 Структурная характеристика вариантов ПТК

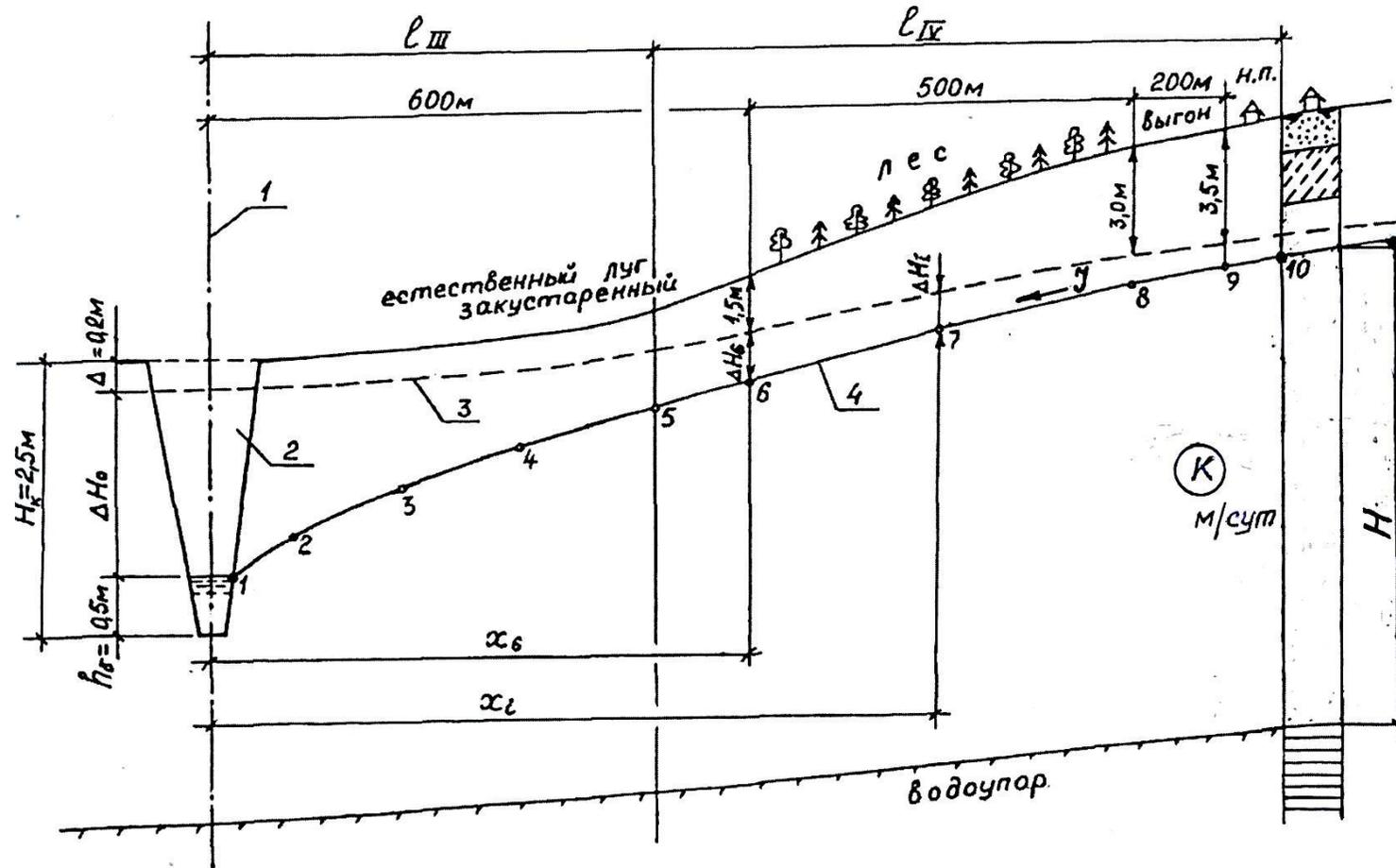
Приложение 3.1 Структурная характеристика ПТК-1

Структура природной геосистемы до создания ПТК				Трансформация природной геосистемы			
№ кон-тура	наименование природных ландшафтных комплексов	площадь		наименование компонента ПТК	площадь		основное назначение и использование
		%	га		%	га	
1	Болото	9,2	...	Осушительные системы	16,1	...	Кормовой севооборот
2	Болото	6,9	...				
3	Пойменные заболоченные земли	11,4	...	Осушительно-увлажнительная система с элем. водооборота	11,4	...	Овощекормовой севооборот
4	Пойменные суходольные земли с редкой д/к растительностью	12,1	...	Оросительная система на ДКП с лесопосадками	7,4	...	Долголетнее культурное пастбище
					4,7	...	Лесопосадки
5	Суходольные закустаренные земли	17,3	...	Оросительная система (с исп. сточных вод)	17,3	...	Кормовой севооборот
6	Суходольные малопродуктивн. земли с редкой растительностью	6,0	...	Оросительная система с частичным водооборотом	6,0	...	Зеленая зона с лесонасаждениями
7	Пойменный закустаренн. луг	2,9	...	Зона рекреации	2,9	...	Рекреация
8	Приречная зона с редкой д/к растительностью	6,2	...	Русловая часть р. Надва	1,0	...	Остаётся в естест. состоянии
				Прибрежная зона с лесопосадками	5,2	...	Прибрежная водоохранная зона
9	Пойменный заболоченный луг	6,6	...	Водохранилище	6,6	...	Рекреация, орошение, рыборазведение
10	Луг открытый	5,1	...	Лесонасаждения	5,1	...	Ландшафтно-экологическое обустройство
11	Эродлируемые склоны	4,2	...	Лесокустарниковые насаждения	4,2	...	Ландшафтно-экологическое обустройство
12	Пашня	6,5	...	Пашня	6,5	...	Овощекормовой севооборот
13	Луг открытый, эродлируемые склоны	5,7	...	Лесокустарниковые насаждения	5,7	...	Ландшафтно-экологическое обустройство
14	Прочие ландшафты	5,5	...	-	5,5	...	Остаются в естеств. состоянии
Итого:		100,0	...	-	100,0	...	-

Приложение 3.2 Структурная характеристика ПТК-2

Структура природной геосистемы до создания ПТК				Трансформация природной геосистемы			
№ кон-тура	наименование природных ландшафтных комплексов	площадь		наименование компонента ПТК	площадь		основное назначение и использование
		%	га		%	га	
1	Пойменный заболоченный луг	10,0	...	Водохранилище	10,0	...	Рекреация, орошение, рыбо-разведение
2	Болото	14,0	...	Осушительная система	14,0	...	Овощекормовой севооборот
3	Болото	19,5	...	Осушительно-оросительная система	19,5	...	Кормовой севооборот
4	Суходольные ландшафты с редкой д/к растительностью	11,8	...	Оросительная система на ДКП с лесопосадками	7,8	...	Долголетнее культурное пастбище
					4,0	...	Лесопосадки
5	Луг открытый	5,7	...	Лесонасаждения	5,7	...	Ландшафтно-экологическое обустройство
6	Суходольные малопродуктивн. земли с редкой растительностью	15,3	...	Оросительная система с частичным водооборотом	15,3	...	Зеленая зона с лесонасаждениями
7	Закустаренный луг	2,0	...	Зона рекреации	2,0	...	Рекреация
8	Приречная зона с редкой д/к растительностью	8,7	...	Русловая часть р. Лерочь	1,2	...	Остаётся в естест. состоянии
				Прибрежная зона с лесопосадками	7,5	...	Прибрежная водоохранная зона
9	Пашня в составе существующего полевого с/о	4,3	...	Пашня	4,3	...	Полевой севооборот
10	Луг открытый	1,4	...	Древесно-кустарниковые насаждения	1,4	...	Ландшафтно-экологическое обустройство
11	Луг открытый закустаренный	2,1	...	Луг открытый закустаренный	2,1	...	Остаётся в естест. состоянии
12	Луг открытый, эродлируемые склоны	2,3	...	Лесокустарниковые насаждения	2,3	...	Ландшафтно-экологическое обустройство
13	Прочие ландшафты	2,9	...	-	2,9	...	Остаются в естественном состоянии
Итого:		100,0	...	-	100,0	...	-

Приложение 4 Ланшафтный профиль прилегающей к ПТК территории



1 – граница объекта мелиорации; 2 – нагорно-ловчий осушительный канал; 3 – среднегодовое положение уровня грунтовых вод до создания ПТК; 4 – расчётное положение УГВ в процессе функционирования ПТК; 1...10 – расчётные точки депрессионной кривой

Литература

1. Природообустройство / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов и др. М.: Колос, 2008. 522 с.
2. Дунаев А.И. Оценка воздействия и природоохранные мероприятия при осушении с/х земель: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2013. 132 с.
3. Маслов Б.С., Минаев И.В. Мелиорация и охрана природы. М.: Россельхозиздат, 1985. 271 с.
4. Минаев И.В.. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. Мн.: Ураджай, 1986. 152 с.
5. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 3. Осушение: справочник / под ред. Б.С. Маслова. М.: Агропромиздат, 1985. 447 с.
6. Новиков В.М., Элик Э.Е. Использование сточных вод на полях. М.: Россельхозиздат, 1986. 128 с.
7. Рекомендации по разработке раздела «Охрана окружающей среды» в проектах мелиорации и водохозяйственного строительства. Л.: Ленгипроводхоз, 1987. 47 с.
8. Рекомендации по определению хим. состава и количества поверхностных и дренажных вод, сбрасываемых осушительными и оросительными системами на территории Нечерноземной зоны РСФСР РД-10 НЗ РСФСР 06.01-89. Л.: Главнечерноземмелиоводхоз, 1989. 62 с.
9. Руководство по определению расчетных концентраций минеральных и органических веществ и пестицидов в дренажном и поверхностном стоке с мелиорируемых земель ВТР-П-30-81. М.: ВНИИГиМ, 1982. 43 с.
10. Руководство по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем. М.: Главнечерноземводстрой, 1976. 133 с.

Учебное издание

Дунаев Александр Иванович

**Воздействие на окружающую среду гидромелиоративных
природно-техногенных комплексов**

Учебно-методическое пособие

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 15.03.2021 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,95. Тираж 25 экз. Изд. № 6860.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ