

Министерство образования Республики Беларусь  
Брестский государственный технический университет

Кафедра инженерной экологии и химии

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА «ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АН-  
ТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК» ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ «ОХРАНА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД»  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ Т.19.06.04

(Часть 2)

Брест 2001

УДК 556.574.55

Методическое пособие решает вопросы определения минимально допустимых расходов воды с целью охраны природы водных и околородных систем, прогноза выноса биогенных веществ в водотоки, предельно допустимых сбросов веществ, поступающих со сточными водами в водные объекты, а также экономической эффективности природоохранных мероприятий.

Предназначены для студентов специализации Т.19.06.04.

Авторы: А.А. Волчек, к.г.н., доцент  
П.Ф. Химин, к.с-х.н., доцент  
В.Ю. Цилиндь, ст. преподаватель

Рецензенты:

Брестский государственный университет им. Пушкина (профессор В.Я. Науменко)

Брестский комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды (ведущий специалист отдела охраны водных ресурсов Л.В.Шевкунова)

© Брестский государственный технический университет 2001

## СОДЕРЖАНИЕ

	СТР.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ВОДОСБОРАХ РЕК	5
1.1. ЗАЩИТА РЕК ОТ ПЛОЩАДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	5
1.2. ЗАЩИТА РЕК ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	6
1.2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	6
1.2.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗОН САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ВОДОЗАБОРОВ	7
1.2.3. НОРМИРОВАНИЕ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ	9
1.2.3.1. НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ	9
1.2.3.2. РАСЧЕТ ПДС ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ	13
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	16
ЛИТЕРАТУРА	20
ПРИЛОЖЕНИЯ	21

## ВВЕДЕНИЕ

Вода широко распространена на земном шаре и играет первостепенную роль во всех процессах, происходящих на его поверхности, в земной коре, в атмосфере. Как писал В.И.Вернадский, вода определяет и создает всю биосферу, поэтому речные и озерные системы должны вечно служить человеку, обеспечивать его не только водой, как ресурсом, не только выступать производителем гидроэнергии, средством транспорта, но и обеспечивать условия воспроизводства рыб, птиц, млекопитающих и др. Необходимо помнить, что водные ландшафты имеют важное эмоционально-психологическое значение, а прибрежно-водные угодья представляют большую ценность как объекты рекреации.

Равновесие в природе покоится на внутренних взаимоотношениях живого мира и его связях с окружающей средой. Это не означает, что человек не должен пытаться склонить чашу весов в свою пользу, но при любой попытке обязан помнить, что делает, и предвидеть последствия этих шагов. В процессе эволюции компоненты живой природы приспособились к режиму рек и озер, и наоборот, режим водотоков и водоемов формировался под воздействием биосферы. Древесная, водная растительность, почвогрунты и другие факторы создали современный облик речных систем.

Интенсивная хозяйственная деятельность человека и изменение водного, гидрохимического, термического, руслового и др. режимов множества рек и озер привела их экосистемы в состояние деградации или к исчезновению с лица Земли, в результате чего происходит истощение и загрязнение водоисточников, ухудшения качества воды водоемов, решается судьба малых рек. Оценка современного состояния последних свидетельствует о тенденциях роста концентраций биогенных веществ, поступающих с сельскохозяйственных угодий, ускорения процесса эвтрофирования.

Важное место в общем комплексе природоохранных мероприятий занимают способы защиты водных ресурсов от загрязнения и истощения, которые требуют разработки и реализации системы мер технического, экономического и правового характера в процессе проектирования, строительства и эксплуатации в водохозяйственных объектов.

Курсовой проект выполняется с целью отработки у студентов навыков работы с нормативно-справочной литературой, закрепления теоретических знаний по курсу «Охрана поверхностных и подземных вод» и приобретения самостоятельности в выборе принципов и методов оптимизации хозяйственной деятельности человека для рационального использования водных ресурсов. В проекте решаются вопросы определения минимально допустимых расходов воды с целью охраны природы водных и околотоводных систем, прогноза выноса биогенных веществ в водотоки, разрабатываются схемы зон санитарной охраны водозаборов и комплекс природоохранных мероприятий на водосборах, нормируются сбросы

загрязняющих веществ в водные объекты путем установления предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих со сточными водами.

## 1 ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ВОДОСБОРАХ РЕК

Объекты сельскохозяйственного производства представляют собой рассредоточенные в пределах речного бассейна источники биогенных веществ. Они могут быть подразделены на площадные (сельскохозяйственные угодья) и точечные (сбросы сточных вод). По характеру выноса биогенных веществ площадные представляют рассеянные, точечные – концентрированные источники. Раздельное рассмотрение обеих групп необходимо ввиду различных путей и скоростей миграции биогенных веществ.

### 1.1 Защита рек от площадных источников загрязнения

На вынос биогенных элементов с водосборов влияет комплекс природных и антропогенных факторов. И здесь более целесообразно использовать мероприятия, способствующие прекращению поверхностного склонового стока и переводу его в подземный, что повысит эрозионную устойчивость склонов и существенно уменьшит попадание в водные объекты загрязняющих веществ. Лесомелиорация водосборов находит все большее отражение в мерах по предотвращению истощения и загрязнения водных угодий. Их действие рассчитано на длительный период и оказывает влияние на весь комплекс природных условий и прилегающих территорий. Лесные насаждения переводят поверхностный сток в подземный, в результате чего повышается уровень грунтовых вод и обеспечиваются стабильное питание водоисточников и снижается их загрязнение. В условиях средне- и слабосхолмленного рельефа водорегулирующие лесные полосы создают шириной  $Ш$ , м и определяемой по формуле

$$Ш = \frac{L \cdot S_n}{b}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние от водораздела до полосы, или от выше расположенной полосы до следующей, м ( $L=400$ );  $b$  – коэффициент зависящий от глубины залегания водосбора или средней мощности водоносного горизонта ( $h^b$ ), м (при  $h^b = 0.5$  м;  $b = 2000$ ;  $h^b = 1.0$  м;  $b = 4000$ ;  $h^b = 1.5$  м;  $b = 6000$ ;  $h^b > 2.0$  м;  $b = 8000$ );  $S_n$  – поверхностный склоновый сток, м<sup>3</sup>.

**Пример расчета.** На водосборе р.Мухавец у г. Пружаны со средней мощностью водоносного горизонта  $h^b = 22$  м проектируются водорегулирующие лесные полосы шириной

$$Ш = \frac{400 \cdot 350}{8000} = 17,5 \text{ м},$$

что составит 4,4% лесопокрытой площади на водосборе или 185 га (4,4% от 4200 га сельскохозяйственных угодий) водорегулирующих лесных полос [на 4 га (400·100) площади водосбора приходится 0,175 га (17,5·100) водорегулирующих лесных полос]. Кроме того на малых реках проектируются водоохранные зоны согласно «Положению о водоохраных полосах (зонах)». К ним относятся территория, прилегающая к акваториям малых рек, на которой устанавливается специальный режим для предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод. Минимальная ширина водоохранной зоны устанавливается не менее 500 м от среднемноголетнего межennaleго уровня воды.

В ней запрещается:

- применение авиаопыливания ядохимикатами, авиаподкормки растений;
- размещение животноводческих ферм без осуществления водоохраных мероприятий, складов минеральных удобрений ядохимикатов, нефтепродуктов, пунктов технического обслуживания и мойки техники;
- устройство свалок и других объектов, отрицательно влияющих на качество вод;
- проведение строительных, дноуглубленных, сельскохозяйственных и других работ без согласования с органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

В пределах водоохранной зоны по берегам малых рек выделяется природоохранная прибрежная полоса (ППП) шириной от уреза среднемноголетнего межennaleго уровня воды, в зависимости от характеристики поймы и ее крутизны, согласно Приложению 1.

ППП, как правило, должна быть занята древесно-кустарниковой растительностью. В ней запрещается:

- распашка земель, организация летних лагерей и выпас скота;
- применение высокотоксичных ядохимикатов и минеральных удобрений;
- размещение баз отдыха, стоянок автотранспорта, строительство зданий и сооружений, кроме ГТС, лодочных причалов и мест водопоя скота.

## **1.2 Защита рек от точечных источников загрязнения**

При использовании населением водопроводной воды для хозяйственно-бытовых целей, а также в процессе производственной деятельности образуются сточные воды, гигиеническое значение которых в отношении их влияния на состав воды и санитарные условия жизни прибрежного населения различно, что определяется их происхождением, составом и количеством.

### 1.2.1 Определение объемов водопотребления и водоотведения

Агропромышленное производство потребляет воду в технических целях, для мойки сырья, производства пара и других целей. Объем водопотребления определяется в зависимости от количества и вида выпускаемой продукции, характера использования воды, принятых технологий по формуле

$$W_{np} = g_{np} \cdot V_{np}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где  $g_{np}$  – удельная норма водопотребления на единицу выпускаемой продукции;  $V_{np}$  – годовой объем продукции, выпускаемой предприятием.

Принимая равномерное распределение годового объема промышленного водопотребления по месяцам определяем расход воды по формуле

$$Q_{np} = \frac{W_{np}}{12T}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

где  $T$  – продолжительность месяца в секундах.

Нормы хозяйственно-питьевого среднесуточного водопотребления определяются в зависимости от степени благоустроенности сельского населения и его численности по формуле

$$Q_{KB} = \frac{z \cdot g_n \cdot K_{сут} \cdot K_{час}}{86,4 \cdot 10^6}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

где  $z$  – численность населения, чел;  $g_n$  – норма среднесуточного водопотребления на одного человека, л/сут (Приложение 2);  $K_{сут}$ ,  $K_{час}$  – коэффициенты суточной и часовой неравномерности.

**Пример расчета** расхода сточных вод из точечных источников загрязнения для г. Пружан с населением 20000 чел. Степень благоустроенности II.

$$Q_{свкб} = \frac{20000 \cdot 200 \cdot 1,12 \cdot 1,27}{86,4 \cdot 10^6} = 0,066 \text{ м}^3/\text{с} = 237 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расход промышленных сточных вод условно принимаем  $0,6 \cdot Q_{свкб}$ , тогда  $Q_{свп} = 0,6 \cdot 0,066 = 0,0396 \text{ м}^3/\text{с} = 142 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Всего сточных вод из точечного источника загрязнения г. Пружан составляет  $Q_{св} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с} = 360 \text{ м}^3/\text{час}$

### 1.2.2 Организация зон санитарной охраны водозаборов

Для водоснабжения населенных мест используются подземные и поверхностные водоисточники. В первую очередь следует выбирать в качестве хозяйственно-питьевого источника водоснабжения подземные воды и только в случае отсутствия или недостаточного их количества использовать воду поверхностных источников.



При выборе источника хозяйственно-питьевого водоснабжения очень важно установить не только факт, что качество воды его было удовлетворительным в момент отбора пробы, но также и то, что вода не будет ухудшаться впоследствии. Водозаборы размещают в местах, отвечающих санитарным требованиям, вне очагов загрязнения подземных вод. В месте устройства водозабора должна быть организована зона санитарной охраны, где выделяются:

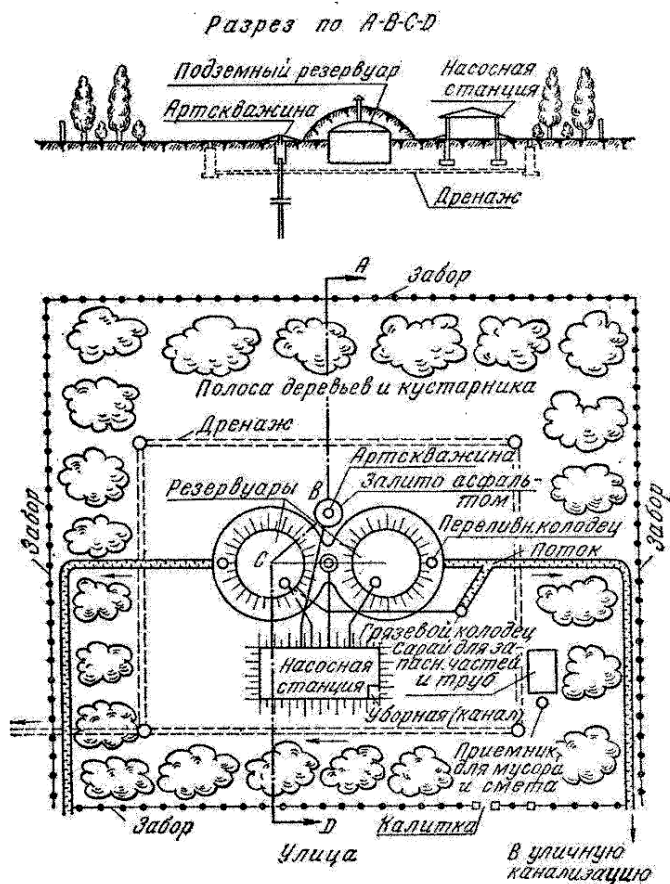


Рисунок 1. План-схема организации зон санитарной охраны в месте устройства водозабора.

I – зона строгого режима, создается для предупреждения загрязнения эксплуатируемого горизонта непосредственно через водозаборные скважины, а так же для предупреждения загрязнения отбираемой воды на насосных станциях, установках по обработке воды и в резервуарах. Расстояние границ зоны от водозаборных со-

оружений не должно быть меньше 30 м при эксплуатации артезианских вод (надежно защищенных) и не менее 50 м – грунтовых горизонтов (недостаточно защищенных) от наружных стен сооружений (Рисунок 1).

II – узкая зона ограничений, устанавливается для предупреждения микробного загрязнения, с таким расчетом, чтобы время движения частицы загрязненной воды от ее границы до водозаборных скважин было не меньше времени выживания патогенной микрофлоры или вирусов в условиях подземного потока. Это время может изменяться от 100 до 400 суток.

III – широкая зона ограничений, выделяется для предупреждения химического загрязнения. На водозаборах с ограниченным сроком эксплуатации зона рассчитывается такой, чтобы время движения частицы загрязненной воды от ее границы до водозаборных скважин было не меньше этого срока.

На водозаборах постоянного централизованного водоснабжения принято, что ширина зоны ограничений должна быть такой, чтобы загрязняющие вещества, попавшие в подземные воды, за ее границей никогда не могли достигнуть района водозабора. Граница III зоны санитарной охраны (часто принимается) должна проходить по нейтральной линии тока, ограничивающей в фильтрационном поле водозабора его «область захвата».

Вода поверхностных водоисточников, как правило, не может быть использована для хозяйственно-питьевого водоснабжения без улучшения ее свойств и без обеззараживания. Исходя из гидрологических условий, водоприемные сооружения располагают в таких местах, где не осаждаются наносы и глубина реки больше. При этом надо учитывать, что вогнутые берега реки подвержены размыву и разрушению, у выпуклых происходит осаждение наносов, а прямые участки ненадежны из-за образования на них перекатов.

Зоны санитарной охраны поверхностных водоисточников устанавливаются следующих размеров:

I – зона, в зависимости от местных санитарно-топографических и гидрологических условий, но не менее

200 м от водозабора вверх по течению реки;

100 м вниз по течению;

100 м от уреза воды при наивысшем уровне по прилегающему к водозабору берегу;

вся акватория и 50 м на противоположном берегу при ширине реки до 100 м.

### ***1.2.3 Нормирование сброса загрязняющих веществ в водные объекты***

#### **1.2.3.1 НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Нормирование сбросов загрязняющих веществ в водные объекты производится путем установления **предельно допустимых сбросов (ПДС)** веществ, поступающих со сточными водами.

**ПДС** - максимальная масса вещества в сточной воде, допустимая к отведению в данном створе водного объекта в установленном режиме в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе, либо не ухудшения сформировавшегося ее качества в водном объекте, если оно хуже нормативного (2/4).

Нормирование качества воды рек, озер и водохранилищ производят в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения». Нормативы состава и свойств водных объектов устанавливаются применительно к следующим категориям водопользования:

- *хозяйственно-питьевого назначения* (водные объекты служат источниками централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности);

- *культурно-бытового назначения* (водные объекты используются для купания, спорта и отдыха населения или находятся в пределах населенных пунктов);

- *рыбохозяйственного назначения* (водные объекты содержат ценные сорта рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода, (*I категория*) и малоценные сорта рыб (*II категория*)).

Категория водопользования для конкретного водного объекта определяется местными органами санитарно-эпидемиологической службы и рыбоохраны.

Состав и свойства воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения после спуска сточных вод должны соответствовать нормам в створах, расположенных в водотоках на 1 км выше по течению от ближайшего пункта водопользования, а в непроточных водоемах и водохранилищах - в радиусе одного километра от пункта водопользования. Состав и свойства воды в рыбохозяйственных водоемах должны соответствовать нормам в месте выпуска сточных вод при рассеивающем выпуске (наличие течений), а при отсутствии рассеивающего выпуска - не далее чем в 500 м от места выпуска.

Нормируемые значения устанавливаются для следующих параметров воды водоемов: *содержание плавающих примесей, содержание взвешенных веществ, запах, привкус, окраска, температура воды, значение рН, состав и концентрации минеральных примесей, концентрация растворенного кислорода, полное биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>полн</sub>), предельно допустимые концентрации (ПДК) и состав ядовитых и вредных веществ, содержание болезнетворных бактерий.*

**ПДК** - максимальные концентрации, при которых вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения (при воздействии на организм в течение всей жизни) и не ухудшают гигиенические условия водопользования (мг/м<sup>3</sup>).

Вредные и ядовитые вещества разнообразны по своему составу, в связи с чем их нормируют по принципу **лимитирующего показателя вредности (ЛПВ)**, под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества.

При нормировании качества воды в водоемах питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ: *санитарно-токсикологический, общесанитарный, органолептический*. Для водоемов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными используют еще два вида ЛПВ: *токсикологический и рыбохозяйственный*.

При наличии в водном объекте нескольких веществ с одинаковыми ЛПВ санитарные нормы выполняются, если

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1, \quad (5)$$

где  $m$  - количество вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ;  $C_i$  - концентрация  $i$ -го вещества в водном объекте, мг/л;  $ПДК_i$  - ПДК  $i$ -го вещества, мг/л. (таблица 2)

Состав и свойства воды водоема или водотока в пунктах водопользования ни по одному из показателей не должны превышать нормативы. Некоторые из этих нормативов представлены в таблице.

Ввод предприятий, новых цехов, технологий в эксплуатацию возможен только при соблюдении ПДК веществ и наличии методов их определения в воде. На стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями и очистными сооружениями применимы **ориентировочно допустимые уровни (ОДУ)** веществ в воде, разработанные на основе расчетных и экспериментальных методов прогноза токсичности.

Таблица 1. Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Категория водопользования			
	хозяйственно-питьевого назначения	культурно-бытового назначения	рыбохозяйственного назначения	
			I категория	II категория
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться больше, чем на, мг/дм <sup>3</sup>			
	0,25	0,75	0,25	0,75
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и скопления других примесей			
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике, см			
	20	10		
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на			
	3 °С		5 °С	
	по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет			
Водородный	Не должен выходить за пределы 6,5 - 8,5			

показатель (рН)				
Минеральный состав, в т.ч.	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/л			
хлоридов, мг/л	350	350	300	300
сульфатов, мг/л	500	500	100	100
Растворенный кислород	В пробе, отобранной до 12 часов дня в любой период года не должно быть менее, мг/л,			
	4	4	6	6

продолжение таблицы 1

БПК <sub>полн</sub>	Не должно превышать при 20 <sup>0</sup> С, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>			
	3	6	3	3
ХПК	Не должно превышать, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>			
	15	30	15	15
Химические вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ			

При отсутствии установленных нормативов водопользователи должны провести исследования по обоснованию ПДК или ОДУ вредных веществ в воде водных объектов, а также разработать методы их определения на уровне ПДК. В соответствии с “Инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование” ПДС устанавливается разрешением на специальное водопользование. Одновременно органы по охране природы утверждают предприятию лимиты забора свежей воды.

Таблица 2. ПДК вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

№№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности	ЛПВ*	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>
1	Фосфор	2	с. - т.	0,1
2	Калий	4	токс.	50,0
3	Нитраты	3	с. - т.	9,1
4	Свинец	2	с. - т.	0,03
5	Фенол	4	орг., зап.	0,001

**Примечание:** \* лимитирующий показатель вредности:

- с. - т. - санитарно-токсикологический;
- токс. - токсикологический
- орг. - органолептический с расшифровкой характера изменения органолептических свойств воды:

- зап. - изменяет запах воды,
- цв. - изменяет цвет воды,
- пен. - вызывает образование пены,
- плен. - образует пленку на поверхности воды,
- привк. - придает воде привкус.

Нормативы ПДС рассчитываются, как правило, в целом по бассейну реки. Если природное фоновое содержание загрязняющих веществ в водном объекте по каким-либо показателям не обеспечивает нормативное качество воды в контрольном пункте, то ПДС по этим показателям устанавливается, исходя из условий соблюдения природного фонового качества воды в контрольном створе. Данные по фоновому составу воды водных объектов запрашиваются в местных органах Госкомгидромета.

Нормативы ПДС устанавливаются на срок до трех лет и подлежат пересмотру (переутверждению) или уточнению по планам-графикам, согласованным с местными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Необходимость пересмотра ранее установленных ПДС может возникнуть до истечения срока действия при изменении экологической обстановки в регионе, появлении новых или уточнении параметров существующих источников загрязнения окружающей природной среды. Пересмотр установленных нормативов ПДС обеспечивается предприятиями-природопользователями.

Нормативы ПДС утверждаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и ее органами на местах с учетом заключений органов системы Минздрава. Обеспечение согласования и утверждения ПДС входит в обязанности предприятия-природопользователя. При определении размера платы за сбросы сточных вод в водные объекты руководствуются нормативами ПДС. Контроль за соблюдением ПДС производится как самим предприятием (ведомственный контроль), так и органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

#### 1.2.3.2 РАСЧЕТ ПДС ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ СО СТОКАМИ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Для каждого выпуска сточных вод и каждого загрязняющего вещества на основании расчетов устанавливаются нормы предельно допустимых сбросов веществ в водные объекты, соблюдение которых должно обеспечить нормативное качество воды в расчетном (контрольном) створе водного объекта.

ПДС в водный объект со сточными водами загрязняющих веществ определяется для всех категорий водопользования по формуле:

$$ПДС = Q_{CB} \cdot C_{CB}, \text{ г/ч}, \quad (6)$$

где  $Q_{CB}$  - среднечасовой расход сточных вод (наибольший) за период его фактического сброса,  $м^3/ч$ ;  $C_{CB}$  - расчетная концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект,  $мг/м^3$  ( $г/м^3$ ).

Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта требования к составу и свойствам воды водного объекта должны относиться к самим сбрасываемым сточным водам:

$$C_{CB} \leq C_H, \quad (7)$$

где  $C_H$  - нормативная концентрация загрязняющего вещества в воде водоема (контрольного створа) соответствующего вида водопользования,  $мг/л$ .

Нормативное содержание минеральных веществ (в том числе хлоридов и сульфатов) и  $БПК_{полн}$  определяется в соответствии с категорией водопользования (см. Таблица 1).

Нормативное содержание взвешенных веществ в воде водного объекта составляет:

$$C_H^{B3B} = p + C_\phi^{B3B}, \text{ мг/л}, \quad (8)$$

где  $p$  - допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ после спуска сточных вод (таблица 1),  $мг/л$ ;  $C_\phi^{B3B}$  - фоновая концентрация взвешенных веществ в водном объекте,  $мг/л$ .

Нормативная концентрация вредных веществ  $C_H$  определяется с учетом их  $ЛПВ$  (необходимо выполнение соотношения (1) и  $ПДК$ ):

$$C_H^{BB} = \frac{ПДК^{BB}}{m}, \text{ мг/л}, \quad (9)$$

где  $ПДК^{BB}$  –  $ПДК$  вредного вещества в воде водного объекта см. (таблица 1),  $мг/л$ ;  $m$  – количество вредных веществ относящихся к одному  $ЛПВ$ .

Для сбросов сточных вод вне черты населенного пункта концентрация загрязняющих веществ в них определяется с учетом степени возможного разбавления этих вод водой водного объекта и качества воды выше места сброса сточных вод по формуле:

$$C_{CB} = n \cdot (C_H - C_\phi) + C_\phi, \text{ мг/л}, \quad (10)$$

где  $n$  - кратность разбавления сточных вод;  $C_\phi$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества в водном объекте (до места выпуска сточных вод),  $мг/л$ .

Разбавление сточных вод - процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный их перемешиванием с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления:

$$n = \frac{aQ_{PB} + Q_{CB}}{Q_{CB}}, \quad (11)$$

где  $a$  – коэффициент смешения, показывающий какая часть расхода воды в реке участвует в смешении;  $Q_{PB}$  – наименьший среднемесячный расход воды в реке 95% обеспеченности,  $м^3/с$ ;  $Q_{CB}$  – расход сточных вод, сбрасываемых в реку,  $м^3/с$ .

Коэффициент смешения рассчитывается по формуле:

$$a = \frac{1 - \exp(-b \cdot L^{1/3})}{1 + Q_{PB} / Q_{CB} \exp(-b \cdot L^{1/3})}, \quad (12)$$

где  $L$  – расстояние расчетного створа от места выпуска сточных вод, м;  $b$  – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке

$$b = Ku \cdot T\epsilon \sqrt{D/Q_{CB}}, \quad (13)$$

где  $Ku$  – коэффициент извилистости реки;  $T\epsilon$  – коэффициент, учитывающий место расположения выпуска (для берегового  $T\epsilon=1$ , для руслового  $T\epsilon=1,5$ );  $D$  – коэффициент турбулентной диффузии, определяемый по формуле:

$$D = \frac{g \cdot V \cdot h}{37 \cdot n \cdot c^2}, \quad (14)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $V$  – средняя скорость течения речного потока, м/с;  $h$  – средняя глубина потока, м;  $n$  – коэффициент шероховатости ложа реки;  $c$  – коэффициент Шези, м<sup>0,5</sup>/с.

**Пример расчета** ПДС загрязняющих веществ со сточными водами г. Пружаны в р. Мухавец. Категория водопользования – культурно-бытовые. Фоновая концентрация взвешенных веществ в реке,  $C_{\phi}^{636} = 40$  мг/л, минеральных веществ по сухому остатку  $C_{\phi}^{мин} = 340$  мг/л, хлоридов  $C_{\phi}^{хл} = 25$  мг/л, сульфатов  $C_{\phi}^{сул} = 45$  мг/л, БПК<sub>полн</sub> =  $C_{\phi}^{БПК} = 1,2$  мг/л.

1. Определяем кратность разбавления сточной воды речной водой, для чего рассчитываем:

$$D = \frac{9,81 \cdot 0,18 \cdot 0,8}{37 \cdot 0,07 \cdot 11,73^2} = 0,004;$$

$$b = 2 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{0,004/0,1} = 0,4;$$

$$a = \frac{1 - \exp(-0,4 \cdot 10)}{1 + 0,0029/0,1 \cdot \exp(-0,4 \cdot 10)} = 1,0;$$

$$n = \frac{0,0029 + 0,1}{0,1} = 1,03.$$

2. Рассчитываем ПДС загрязняющих веществ со сточной водой в р. Мухавец:

$$ПДС^{636} = C_n^{636} \cdot Q_{CB}; \quad C_H = p + C_{\phi}^{636} = 0,75 + 40 = 40,75.$$

Допустимое содержание взвешенных веществ в сточной воде с учетом разбавления составит:

$$C_{доп}^{636} = 1,03 \cdot (40,75 - 40) + 40 = 40,8 \text{ мг/л};$$

$$ПДС^{636} = 40,8 \cdot 360 = 14688 \text{ г/час}.$$

Допустимое содержание минеральных веществ по сухому остатку в сточной воде с учетом разбавления составит:

$$C_{доп}^{мин} = 1,03 \cdot (1000 - 340) + 340 = 680 \text{ мг/л};$$

$$ПДС^{мин} = 680 \cdot 360 = 244800 \text{ г/час}.$$



Допустимое содержание хлоридов в сточной воде с учетом разбавления составит:

$$C_{доп}^{хл} = 1,03 \cdot (350 - 25) + 25 = 360 \text{ мг/л};$$

$$ПДС^{хл} = 360 \cdot 360 = 129600 \text{ г/час и т.д.}$$

Допустимое содержание вредных веществ с одинаковым ЛПВ определяется в следующем порядке: фосфор, нитраты, свинец относятся к санитарно-токсикологическому ЛПВ, калий – к токсикологическому ЛПВ, фенол – к органолептическому ЛПВ. Нормированная концентрация вредных веществ в контрольном створе составит:

$$\text{фосфора } C_n^{фос} = 0,1/3 = 0,033 \text{ мг/л};$$

$$\text{нитратов } C_n^{нит} = 9,1/3 = 3,03 \text{ мг/л};$$

$$\text{свинца } C_n^{св} = 0,03/3 = 0,01 \text{ мг/л};$$

$$\text{калия } C_n^{кал} = 50/1 = 50 \text{ мг/л};$$

$$\text{фенола } C_n^{фен} = 0,001/1 = 0,001 \text{ мг/л.}$$

Допустимое содержание вредных веществ в сточной воде с учетом разбавления составит:

$$C_{доп}^{фос} = 1,03 \cdot 0,033 = 0,034 \text{ мг/л};$$

$$C_{доп}^{нит} = 1,03 \cdot 3,03 = 3,12 \text{ мг/л};$$

$$C_{доп}^{св} = 1,03 \cdot 0,01 = 0,01 \text{ мг/л};$$

$$C_{доп}^{кал} = 1,03 \cdot 50 = 51,5 \text{ мг/л};$$

$$C_{доп}^{фен} = 1,03 \cdot 0,001 = 0,001 \text{ мг/л};$$

$$ПДС^{фос} = 0,034 \cdot 360 = 12,24 \text{ г/час};$$

$$ПДС^{нит} = 3,12 \cdot 360 = 1123 \text{ г/час};$$

$$ПДС^{св} = 0,01 \cdot 360 = 3,6 \text{ г/час};$$

$$C^{кал} = 51,5 \cdot 360 = 18540 \text{ г/час};$$

$$C^{фен} = 0,001 \cdot 360 = 0,36 \text{ г/час.}$$

Для подпадающих под общие требования показатели состава и свойств сточной воды, таких как плавающие примеси (вещества), растворенный кислород, запахи, привкусы, окраска, температура, реакция рН, возбудители заболеваний – ПДС не определяется. Состав и свойства сточной воды по этим показателям должны удовлетворять требованиям, изложенным в таблице 1.

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Экономическое обоснование водоохранных мероприятий осуществляется путем сопоставления экономического результата с соответствующими затратами на его обеспечение

$$\mathcal{E}_3 = \frac{P}{C + E_H \cdot K}, \quad (15)$$

где  $\mathcal{E}_3$  - общая эффективность природоохранных затрат;  $P$  - полный годовой эффект;  $C$  - текущие затраты;  $K$  - капитальные вложения, определяющие эффект;  $E_H$  - норматив эффективности капитальных вложений  $E_H = 0,12$ .

Полный годовой эффект по предотвращению загрязнения водных объектов биогенными веществами определяется по формуле:

$$P = \Pi + D, \quad (16)$$

где  $\Pi$  - величина годового предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водотоков;  $D$  - годовой прирост дохода от улучшения использования биогенных веществ и от других эффектов в результате проведения водоохранных мероприятий.

Величина годового предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водотоков определяется по выражению:

$$\Pi = Y_1 - Y_2, \quad (17)$$

где  $Y_1$  и  $Y_2$  - величина ущерба до проведения природоохранных мероприятий и остаточного ущерба после осуществления мероприятий соответственно.

Величину ущерба определяют по формуле:

$$Y = \gamma \cdot E \cdot M, \quad (18)$$

где  $\gamma$  - множитель равный 400 руб. на 1 усл. т;  $E$  - константа для различных водохозяйственных участков  $E=1 \dots 1,75$ ;  $M$  - приведенная масса годового сброса биогенных веществ, усл. т.

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (19)$$

где  $n$  - общее число биогенных веществ;  $A_i$  - показатель относительной опасности сброса  $i$ -того биогенного вещества, усл. т/т;  $m_i$  - масса годового сброса  $i$ -того биогенного вещества, т.

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}, \quad (20)$$

где  $\text{ПДК}_i$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -го биогенного вещества в водоеме рыбохозяйственного назначения,  $\text{г/м}^3$ ,  $\text{мг/л}$  (Приложение 3).

В случае отсутствия утвержденных значений ПДК вместо величины выражения  $\frac{1}{\text{ПДК}}$  можно принять  $5 \cdot 10^4$  усл. т/т.

Годовой прирост дохода от проведения водоохранных мероприятий на площадных источниках загрязнения находится как разность между величинами возможных потерь ( $\Pi_B$ ) в случае отказа от мероприятий и фактических потерь ( $\Pi_\Phi$ ) после их проведения

$$D = \Pi_B - \Pi_\Phi, \quad (21)$$

Потери определяются по формуле

$$\Pi = \sum_{i=1}^n (Y_i + Cb_i + Y_{yp_i}) \cdot m_i + \frac{D_{py} + D_{pg} - Cn}{T} - Y_{yp}, \quad (22)$$

где  $Y_i$  - стоимость 1т i-го биогенного вещества, руб (1т N стоит 102000 руб., 1т  $P_2O_5$  - 12000 руб., 1т  $K_2O$  - 500000 руб.);  $Cb_i$  - величина затрат на внесение 1т i-го биогенного вещества, принимается для всех в сумме 1182 руб.;  $\Delta Y_{yp_i}$  - стоимость прибавки урожая, приходящаяся на 1т вынесенного с водосбора биогенного вещества, руб.;  $m_i$  - масса годового выноса i-го биогенного вещества, т;  $D_{py}$   $D_{pg}$  - доход от реализации древесины от рубок ухода за лесными полосами и главного пользования, руб.;  $Cn$  - издержки по созданию, выращиванию и эксплуатации водорегулирующих лесных полос, руб;  $T$  - возраст рубки главного пользования, лет,  $T=50 \dots 80$ ;  $Y_{yp}$  - не полученный доход от урожая на землях, занятых водорегулирующими лесными полосами, руб.

Эффективность капитальных вложений ( $\mathcal{E}_k$ ), дающих ежегодный экономический эффект определяется как разность между годовым эффектом ( $P$ ) и текущими затратами ( $C$ ), необходимыми для содержания и обслуживания природоохранных объектов, отнесенных к величине капитальных вложений ( $K$ )

$$\mathcal{E}_k = \frac{P - C}{K} \cdot L \quad (23)$$

где  $L$  - поправочный коэффициент на фактор времени, когда начинают проявляться защитные функции водорегулирующих лесных полос  $L=0,68$ ;  $K=700000$  руб/га.

Полученные в ходе расчетов  $\mathcal{E}_k$  сравнивают с нормативным показателем  $E_n$  и при условии  $\mathcal{E}_k > E_n$  капитальные вложения считаются эффективными.

#### Пример расчета:

1. Определяем показатель относительной опасности биогенных веществ

$$A_i^N = \frac{1}{9,1} \cdot 0,11; \quad A_i^{P_2O_5} = \frac{1}{0,1} = 10; \quad A_i^{K_2O} = \frac{1}{50} = 0,02;$$

2. Определяем приведенную массу годового сброса биогенных веществ в р. Муховец у г. Пружан

$$M = 174,6 \cdot 0,11 + 55,4 \cdot 10 + 216,9 \cdot 0,02 = 577,5 \text{ усл.т.}$$

3. Определяем величину ущерба без проведения природоохранных мероприятий

$$Y_i = 400 \cdot 1,5 \cdot 577,5 = 346500 \text{ руб/год.}$$

4. Поскольку водорегулирующие лесные полосы полностью переводят поверхностный склоновый сток в подземный, то остаточный ущерб после проведения лесомелиорации водосбора отсутствует  $У_2=0$ ;
5. Полный годовой эффект от проведения водоохраных мероприятий на площадных источниках загрязнения  $P$  составит:

$$P = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 - У_{ур},$$

$D_1$  – стоимость биогенных веществ, смытых с водосбора реки

$$D_1 = 174,6 \cdot 102000 + 55,4 \cdot 12000 + 216,9 \cdot 500000 = 126924000 \text{ руб/год},$$

где 102000, 12000, 500000 стоимость 1т д.в. соответственно N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O.

$D_2$  – величина затрат на внесение биогенных веществ

$$D_2 = 1182 \cdot 446,9 = 528236 \text{ руб/год},$$

где затраты на внесение 1т NPK.

$D_3$  – стоимость прибавки урожая, приходящаяся на биогенные вещества, если бы они были не вынесены с водосбора

$$D_3 = 631 \cdot 446900 = 281993 \text{ руб/год},$$

где 631 руб – оплата 1кг. NPK.

$D_4$  – доход от реализации древесины при рубках ухода и рубок главного пользования

$$D_4 = \frac{185 \cdot 30 \cdot 6200 + 185 \cdot 170 \cdot 6200 - 185 \cdot 45000}{80} = 2763438 \text{ руб/год},$$

где 30, 170 – объем древесины заготовленной от рубок ухода и рубок главного пользования, м<sup>3</sup>/га; 6200 – стоимость 1м<sup>3</sup> древесины; 45000 – издержки по созданию, выращиванию и эксплуатации 1га водорегулирующих лесных полос.

$$У_{ур} = 185 \cdot 735985 = 136156670 \text{ руб/год},$$

где 735982 – стоимость урожая данного севооборота с 1га

$$P = 126924000 + 528236 + 281993900 + 2763438 - 136156670 = 273289466,$$

$$Эк = \frac{273289466 - 8325000}{129500000} \cdot 0,68 = 1,39.$$

Природоохранные мероприятия эффективны так как  $Эк > Ен$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по определению размеров зоны влияния мелиоративных систем на уровень грунтовых вод прилегающих земель. – Минск: ЦНИИКИВР, 1977. – 30.
2. Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. – 268 с.
3. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения. Госкомприроды СССР. – М. 1990. – 68с.
4. Рекомендации. Расчет поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их эвтрофирования и выбора водоохраных мероприятий. – М. Росагропромиздат. 1989. 48с.
5. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 60 с.
6. Справочник по гидравлике/ Под ред. В.А. Большакова. Киев: Вища школа, 1977. – 280 с.
7. Фашевский Б.В. Основы экологической гидрологии. – Минск: Экоинвест, 1996. – 240 с.
8. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Ширина природоохранных прибрежных полос малых рек

Характеристики поймы	Ширина ППП по каждому берегу, м
<b>Зона Полесья</b>	
Поймы с торфяными почвами шириной:	
менее 0,5 км	100
0,5 – 1,5 км	100 – 150
1,6 – 2,5 км	150 – 200
более 2,5 км	200 – 300
Поймы с минеральными почвами:	
поперечный уклон менее 3° ( $i < 0.05$ )	75
поперечный уклон менее 3° ( $i \geq 0.05$ )	100 – 200
<b>Зона Поозерья</b>	
Поймы с торфяными почвами	
	На ширину поймы, но не менее 100 м и не более 300 м
Поймы с минеральными почвами:	
поперечный уклон менее 3° ( $i < 0.05$ )	75
поперечный уклон менее 3° ( $i \geq 0.05$ )	100 – 200

Примечание. Для рек средней части республики эти параметры принимаются:

- а) в поймах с торфяными – как для аналогичных рек зоны Полесья;
- б) в поймах с минеральными почвами – как для аналогичных рек зоны Поозерья.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Нормы удельного водопотребления в коммунальном хозяйстве ( $q_n$ )

Шифр	Степень благоустроенности	Норма у.в.п. на одного жителя, л/сут		Коэффициенты неравномерности	
		ср. сут.	макс. сут.	$K_{сут}$	$K_{час}$
I	Водопровод, канализация и центральное водоснабжение	275 - 400	300 - 420	1,09 - 1,06	1,25 - 1,2
II	Водопровод, канализация, ванна с газовой колонкой	180 - 230	200 - 250	1,11 - 1,13	1,3 - 1,25
III	Водопровод, канализация	125 -	140 - 170	1,12 -	1,5 -

		150		1,13	1,4
IV	Без водопровода и канализации	30 - 50	40 - 60	1,33 - 1,2	2,0 - 1,8

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Вынос биогенных веществ из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур (К)

Сельскохозяйственная культура	К, кг/ц		
	Азот (N)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (K <sub>2</sub> O)
Озимая пшеница	3,40	0,90	2,00
Озимая рожь	2,45	1,20	2,60
Яровая пшеница	3,30	1,40	2,60
Яровой ячмень	2,60	1,04	1,70
Картофель	0,50	0,15	0,70
Многолетние травы (сено)	1,76	0,63	1,95
Стоимость 1т д. в биогенных элементах	102000	12000	500000



Учебное издание

Составители: Волчек Александр Александрович

Химин Павел Федорович

Цилиндь Валерий Юзефович

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К выполнению курсового проекта «Оценка влияния антропогенных факторов на состояние малых рек» по дисциплине «Охрана поверхностных и подземных вод» для студентов специализации т.19.06.04  
(Часть 2)

Ответственный за выпуск Химин П.Ф.

Редактор: Строкач Т.В.

Подписано к печати 18.12.2000г. Формат 60x84/16 Усл.п.л.4,0  
Уч.изд.л.4,25 Тираж 120 экз. Заказ №18 Отпечатано на ризографе

Брестского государственного технического университета. 224017  
Брест, ул. Московская, 267

