

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

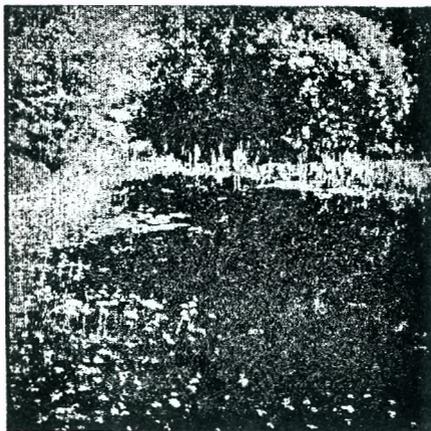
Кафедра инженерной экологии и химии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению лабораторных работ по дисциплине
«ОСНОВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭКОЛОГИИ
И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ»

для студентов специальности 740501
«Мелиорация и водное хозяйство»

(Часть 2. Охрана природы АПК)



Брест 2002



УДК 556.574.55

В методических указаниях рассмотрены вопросы гигиенической оценки загрязнения воздуха населенных пунктов, поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок, расчетов ПДС веществ, поступающих со сточными водами от предприятий в водные объекты, а также экономического обоснования водоохраных мероприятий.

Предназначены для студентов специализации мелиорация и водное хозяйство (740501).

Составители: А.А. Волчек, к.г.н., доцент
П.Ф. Химин, к.с.х.н., доцент
Л.Н. Усачева, к.б.н.
В.Н. Босак, к.б.н.

Оглавление

	стр.
Введение	4
<i>Лабораторная работа № 6</i>	
Гигиеническая оценка загрязнения воздуха населенных пунктов	5
<i>Лабораторная работа № 7</i>	
Оценка поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок	18
<i>Лабораторная работа № 8</i>	
Расчет ПДС веществ, поступающих со сточными водами от предприятий в водные объекты	30
<i>Лабораторная работа № 9</i>	
Экономическое обоснование водоохранных мероприятий	47

Введение

В настоящее время во всех развитых странах первостепенное внимание уделяют вопросам рационального использования природных ресурсов – воды, воздуха, почвы и др., поскольку эти ресурсы являются исчерпаемыми.

Основные направления политики в области природопользования и охраны окружающей среды нашли свое отражение в Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь, одобренной Советом Министров Республики Беларусь 25 марта 1997 г.

Это в полной мере относится к сельскохозяйственному производству. Влияние сельского хозяйства на природу носит всесторонний и многогранный характер. При существующих масштабах общественного производства происходит деградация окружающей природной среды, приводящая в ряде случаев к необратимым последствиям в различных экологических системах.

Однако экологические проблемы в сельском хозяйстве нельзя рассматривать как чисто отраслевые. Эти проблемы являются государственными, устойчивое развитие которого может быть достигнуто только при комплексном рассмотрении развития социальной, экономической и экологической сфер во всех отраслях производства и на национальном уровне.

Особенно важное значение приобретает охрана этих ресурсов от загрязнения. Забота об оздоровлении экологической обстановки, создании благоприятных условий для жизни и труда людей, рациональное использование и охрана природных ресурсов является одной из важнейших задач Республики Беларусь на современном этапе.

Решение этих проблем зависит, в первую очередь, от специалистов в области экологии, гидрологии, сельского хозяйства, химии и т.п. Только совместная и координированная работа представителей всех специальностей может дать эффективные результаты в решении многоплановых вопросов, поэтому подготовка специалистов должна учитывать многогранность проблем, касающихся вопросов экологии и охраны окружающей среды.

Эти задачи в определенной степени решают данные методические указания к лабораторным работам, дающие рекомендации по гигиенической оценке загрязнения воздуха, водных объектов, расчета ПДС и экономическому обоснованию водоохранных мероприятий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Гигиеническая оценка загрязнения воздуха населенных пунктов

Цель работы: расширить знания об атмосфере, ее нормальном составе и загрязнении; уметь произвести экологическую оценку качества воздуха населенных мест

6.1. Общие сведения

6.1.1. Состав и строение атмосферы

Атмосфера – газообразная оболочка, окружающая Землю. Ее общая масса – $5,2 \cdot 10^{15}$ т, что составляет $\approx 1/1000\ 000$ часть массы Земли, но значение ее огромно:

- это часть жизненной среды;
- она регулирует важнейшие параметры климата (температуру, влажность, давление) и т. о. определяет погоду;
- защищает от падающих метеоритов и губительного воздействия жесткого космического излучения и радиации;
- проводит световые и звуковые волны;
- здесь проходят полные замкнутые циклы круговоротов многих веществ: кислорода, углерода, азота, фосфора, воды и др.

Состав атмосферы: азот – 78,01%;

кислород – 20,95%;

аргон – 0,93%;

углекислый газ – 0,035% (0,03–0,04%);

водород, гелий, неон, метан и др. газы – 0,015%.

В атмосфере также присутствуют: пары воды – 3...4%, частицы пыли и другие примеси.

Строение атмосферы изображено на рисунке 6.1.

6.1.2. Загрязнение атмосферы Республики Беларусь

Согласно последнему отчету ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), 2/3 населения Земли дышит загрязненным воздухом.

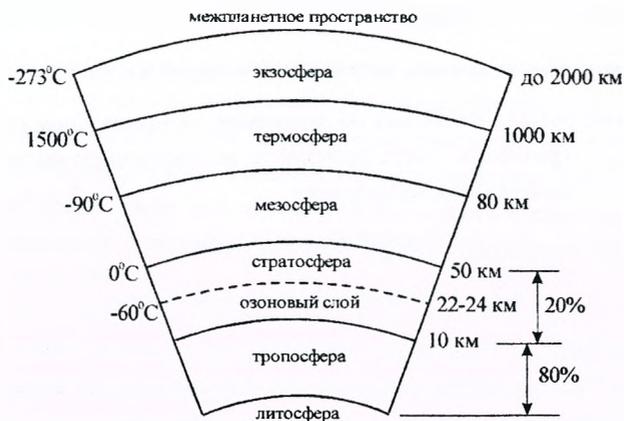


Рисунок 6.1. Строение атмосферы.

Основные источники загрязнения

естественные (природные)

1. вулканические газы;
2. остатки метеоритов и космическая пыль;
3. пыльца растений и микроорганизмы ;
4. морские соли;
5. пожары и пыльные бури (на 98% по вине чел.).

искусственные (антропогенные)

1. промышленность, особенно энергетическая;
2. транспорт;
3. сельское хозяйство;
4. АЭС (радиоактивное загрязнение);
5. трансграничный перенос;
6. особый вид загрязнения – шум.

Загрязнители бывают:

1. *Механические* – пыль, сажа, зола, несгоревшие частицы.
2. *Физические* – звуковые волны (шум), радиоволны, электромагнитные излучения и др.
3. *Химические*, которых сейчас становится все больше.

Так, в Республике Беларусь в 1998 г. в атмосферу было выброшено 1788,2 тыс. т загрязняющих веществ, из них CO₂ – 57,8 %; SO₂ – 10,6%; оксиды азота – 9,9 %; углеводороды – 7,1 %; а также угарный газ, формальдегид, токсичные соединения фтора и хлора и др.

Кроме того, под воздействием солнечного света эти вещества вступают в физико-химические реакции, образуя высокотоксичные соединения. Это 6

явление называется *фотохимический смог*. К сожалению, концентрация этих веществ вообще не измеряется, не контролируется и не учитывается, как они влияют на здоровье населения.

Степень загрязнения атмосферы зависит от:

- количества выбросов вредных веществ;
- их химического состава;
- высоты, на которой осуществляется выброс;
- климатических условий, осуществляющих перенос;
- степени рассеивания выбрасываемых веществ;
- в городах – от планировки улиц, их ширины, количества зеленых насаждений и др.

В нашей республике основными источниками загрязнения являются автотранспорт (передвижные источники) и промышленность (стационарные источники), причем из них 1/3 часть выбросов приходится на объекты энергетики.

Доля автотранспорта в загрязнении атмосферы:

- в Минске, Витебске, Гомеле – 75 %;
- в Барановичах, Мозыре – 80 %;
- в Бресте достигает – 90 %.

В выхлопных газах машин находится около 200 различных веществ. Наиболее опасные из них – бенз(а)пирен, тетраэтилсвинец, которые относятся к первому классу опасности.

По данным Госкомгидромета и санэпидемиологической службы, в 1998-2000 годах самым загрязненным был воздушный бассейн города Могилева (индекс загрязнения атмосферы (ИЗА=8,8)), а также Витебска (8,3), Мозыря, Бобруйска (6,3). Самый чистый – г. Светлогорск (1,3).

Уровень загрязнения воздуха города Бреста составляет 5,1, что поставимо со средним значением ИЗА по республике – $ИЗА_{ср}=5,2$. В атмосферу Брестской области от стационарных источников загрязнения поступает на 71 % меньше вредных веществ, чем в Витебской области, на 50% меньше, чем в Гомельской и Могилевской, на 23 % меньше, чем в Минской. Всего в атмосферу г. Бреста в год выбрасывается более 60 тыс. т вредных веществ.

В целом для атмосферы Брестской области характерна III степень загрязнения – от 5 до 10 %. Здесь находятся 3 из 22 наиболее загрязненных городов республики – Брест, Барановичи, Пинск.

Пока в республике и г. Бресте не наблюдалось случаев острого отравления загрязненным воздухом, однако, фактор хронического неблагоприятного влияния небольших концентраций наблюдается во многих крупных городах – заболеваемость населения увеличивается до 6,5 %.

Последствия загрязнения атмосферы

1. *Изменение газового баланса, т. е. постоянного соотношения между количеством ушедших и поступивших газов (в первую очередь – O_2 и CO_2).*

2. *Воздействие на здоровье человека.*

В сутки человек пропускает через легкие более 10 тыс. л воздуха, поэтому даже незначительные вредные примеси подтачивают его здоровье. Дело в том, что если от недоброкачественной пищи и воды человеческий организм в ходе эволюции выработал защитные механизмы, то от токсичных газов – нет. Наши дыхательные пути пропускают беспрепятственно и эликсир жизни – O_2 и смертельный яд, не имея средств различать их.

В 2000 году в городах Могилеве и Гомеле обнаружена достоверная связь между заболеваемостью взрослого населения пневмонией, бронхиальной астмой, хроническими болезнями миндалин и аденоидов и содержанием пыли в атмосфере.

3. *Влияние на растительный и животный мир.*

Для растений наиболее ядовиты SO_2 , HF, O_3 , Cl_2 , Pb, Hg, As. Так, SO_2 вызывает потемнение листьев и гибель растений на расстоянии 50 км от предприятия. Большинство сельскохозяйственных культур дают на 25...30 % меньше урожая, если в 2...3 км расположен источник загрязнения атмосферы.

Некоторые растения реагируют даже на слабые концентрации загрязнителей, это *растения-индикаторы*. Однако другие растения, напротив, обладают *повышенной сопротивляемостью* к загрязнителю. Эти свойства можно использовать на практике: в районе предприятия высаживать растения обеих групп. Первая группа растений (индикаторы) будет реагировать на вредные примеси в атмосфере, а растения второй группы можно использовать как очистители атмосферы, создавая защитные пояса вокруг предприятий.

Животные также реагируют на различные загрязнения: молибден вызывает потерю аппетита и анемию, избыток меди в окрестностях металлургии

ческих предприятий губительны для крупного рогатого скота и овец, пчелы чувствительны к загрязнению атмосферы фтором, медью, мышьяком.

4. *Экономический ущерб.*

Загрязнение атмосферы наносит урон металлическим конструкциям (коррозия металла идет в 4...6 раз быстрее в городской местности, чем в сельской); повреждаются исторические памятники; портятся ткани, кожа, резина и др.; непрерывно растут расходы на чистку зданий, автомобилей, ремонтные работы; постоянно происходят потери ценных веществ, выбрасываемых в атмосферу с отходами.

6.1.3. **Нормирование качества атмосферного воздуха**

Нормирование качества атмосферного воздуха осуществляется с целью установления предельно допустимых нормативов для загрязняющих атмосферу веществ, гарантирующих безопасность здоровья населения и биосферы в целом.

Нормирование содержания вредных веществ. В соответствии с действующим законодательством, качество атмосферного воздуха определяется нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ.

В настоящее время используются несколько видов ПДК: максимальная из разовых (ПДК_{МР}) и среднесуточная (ПДК_{СС}), предельно допустимая концентрация для населенных мест и предельно допустимая концентрация для воздуха рабочей зоны (ПДК_{РЗ}.)

Предельно допустимая концентрация примеси в атмосфере – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного действия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

В справочниках приводятся значения максимальной из разовых концентраций (ПДК_{МР}) и максимальной из среднесуточных концентраций (ПДК_{СС}) (ГОСТ 17.2 1.03 - 84).

Разовая концентрация – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая по пробе, отобранной за 20...30-минутный интервал времени. Вводится с целью предупреждения негативных рефлекторных реакций при кратковременном воздействии.

Среднесуточная – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая несколько раз в течение суток (обычно 4 раза, иногда – каждый час) и вводится с целью предупреждения токсичного действия.

Величина ПДК зависит от степени токсичности вещества, характеризующейся *классом опасности*. В зависимости от степени воздействия на организм человека, все нормируемые вещества подразделяются на 4 класса опасности:

1-й класс - чрезвычайно опасные вещества, значение ПДК которых в воздухе рабочей зоны не превышает $0,1 \text{ мг/м}^3$;

2-й класс – высокоопасные, со значением ПДК P_3 от $0,1$ до 1 мг/м^3 ;

3-й класс - умеренно опасные, со значением ПДК P_3 от 1 до 10 мг/м^3 ;

4-й класс – малоопасные, со значением ПДК $> 10 \text{ мг/м}^3$.

В качестве примера в таблице 6.1 приведены характеристики некоторых вредных веществ.

Следует отметить, что при наличии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия с концентрациями C , расчет допустимого содержания веществ проводится по формуле (6.1)

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1, \quad (6.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации веществ в атмосфере, мг/м^3 ; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – соответствующие ПДК для этих веществ, мг/м^3 .

Таблица 6.1. Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест

Код	Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м^3	
			максимальная разовая	среднесуточная
0330	Диоксид серы	3	0,5	0,05
0333	Сероводород	2	0,008	-
0408	Циклогексан	4	1,4	1,4
0334	Сероуглерод	2	0,03	0,005
0301	Диоксид азота	2	0,085	0,04
0303	Аммиак	4	0,20	0,04
0184	Свинец и его соединения	1	0,0003	-
1401	Ацетон	4	0,35	0,35
2704	Бензин нефтяной	4	5,0	1,5
1325	Формальдегид	2	0,035	0,003
0602	Бензол	2	1,5	0,1
0856	Дихлорэтан	2	3,0	1,0
2903	Пыль мушная	3	0,5	0,15

Код	Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	
			максимальная разовая	среднесуточная
0521	Пропилен	3	3,0	3,0
1071	Фенол	2	0,01	0,003
0337	Оксид углерода	4	5,0	3,0
0322	Кислота серная	2	0,3	0,1
2937	Пыль зерновая	3	0,2	0,03
0703	Бенз(а)пирен	1	-	1 нг/м ³
2902	Пыль крахмала	3	0,5	0,15
0328	Сажа	3	0,15	0,05
2902	Пыль сахара	3	0,5	0,15
0620	Стирол	2	0,04	0,002
2902	Пыль шрота	3	0,5	0,15
2917	Пыль хлопковая	3	0,2	0,05
2918	Пыль цемента	3	0,3	0,15
2603	Микроорганизмы и микроорганизмы-продуценты	-	5000 кл/м ³ (ОБУВ)	1 нг/м ³

Примечание: ОБУВ – ориентировочно безопасные уровни воздействия, которые применяются в случае отсутствия значений ПДК для населенных мест.

Эффектом суммации действия обладают следующие сочетания вредных веществ:

- ацетон и фенол; диоксид серы и фенол;
- диоксид серы и диоксид азота;
- диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- диоксид серы и сероводород;
- циклогексан и бензол; аммиак и оксиды азота;
- аммиак, сероводород и формальдегид;
- диоксид азота, оксид углерода и формальдегид;
- диоксид азота, диоксид серы и оксид углерода;
- диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода и фенол;
- оксид свинца и диоксид серы;
- диоксид серы, окись углерода, фенол и пыль конверторного производства;
- сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная);
- оксид углерода и пыль цементного производства;
- уксусная кислота и уксусный ангидрид;

– циклогексан и бензол; и др.

Биологическое загрязнение атмосферного воздуха микроорганизмами и микроорганизмами-продуцентами производств ферментов, аминокислот, кормовых, пивных и пекарских дрожжей нормируется количеством клеток на кубический метр воздуха (таблица 6.1).

В качестве интегрального показателя загрязнения воздуха используют показатель P , который учитывает характер комбинированного действия вредных веществ и класс их опасности.

Суммарный показатель загрязнения атмосферы (P_i) рассчитывается по формуле:

$$P_i = \sqrt{\sum K_i^2}, \quad (6.2)$$

где $K_i = C_i / \text{ПДК}_i$ (C_i – среднегодовая, среднемесячная или среднесуточная концентрация i -го вещества в атмосферном воздухе, мг/м^3 , ПДК_i – среднесуточная ПДК, мг/м^3).

Для гигиенической оценки загрязнения воздуха можно применять комплексный *индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)*, учитывающий классы опасности, стандарты качества и средние уровни загрязнения воздуха. Расчет ИЗА по данным наблюдений для одной примеси ведется по формуле:

$$\text{ИЗА}_i = (q_{ср\ i} / \text{ПДК}_{ср\ i}) \cdot K_i \quad (6.3)$$

где $q_{ср\ i}$ – среднегодовая концентрация i -й примеси; $\text{ПДК}_{ср\ i}$ – среднесуточная ПДК для i -й примеси, мг/м^3 ; K_i – 0,85; 1,0; 1,3 и 1,7 соответственно для 4, 3, 2 и 1-го классов опасности.

Комплексный ИЗА, учитывающий m примесей, присутствующих в атмосфере, рассчитывают по формуле:

$$\text{ИЗА}_m = \sum (q_{ср\ i} / \text{ПДК}_{ср\ i}) \cdot K_i \quad (6.4)$$

Выбор веществ для расчета ИЗА_m производится с помощью предварительного сопоставления убывающего вариационного ряда величин ИЗА_i , рассчитанных для 5-6 приоритетных примесей.

Уровень загрязнения атмосферы считается *высоким*, если средние значения концентраций превышают средние по республике, или ИЗА превышает 9; *повышенным* – если концентрации примеси в отдельных случаях превышают $\text{ПДК}_{ср}$ и $\text{ПДК}_{мр}$ (максимальную из разовых); *низким* – если среднегодовые концентрации примеси находятся в пределах или ниже ПДК, максимальные из разовых только в отдельных случаях превышают допустимые нормы.

6.2. Примеры расчета

Пример 1. Оценить качество работы очистных фильтров сельскохозяйственного предприятия, если среднесуточная проба воздуха близлежащего поселка содержала:

- диоксид азота – $0,021 \text{ мг/м}^3$; оксид углерода – $0,52 \text{ мг/м}^3$; диоксид серы – $0,028 \text{ мг/м}^3$; сажа – $0,01 \text{ мг/м}^3$; стирол – $0,001 \text{ мг/м}^3$; ксилол – $0,008 \text{ мг/м}^3$.

Решение. Используя данные ПДК для атмосферного воздуха населенных мест, анализируем, что ни одно из выше перечисленных веществ не превышает границы ПДК. Однако, в этой пробе воздуха содержатся вещества, обладающие суммацией действия: диоксид серы и диоксид азота, диоксид азота и оксид углерода. В этом случае расчет ведется по формуле 6.1. Остальные вещества не обладают эффектом суммации, поэтому концентрация их не учитывается:

$$\frac{0,021}{0,04} + \frac{0,52}{3,0} + \frac{0,028}{0,05} = 0,53 + 0,17 + 0,56 = 1,26.$$

Вывод. Так как содержание веществ в атмосфере превышает 1, следовательно, фильтры не производят должную очистку промышленных выбросов.

Пример 2. Рассчитать комплексный ИЗА и оценить качество воздуха, если среднегодовая концентрация примесей следующая:

- аммиак – $0,018 \text{ мг/м}^3$;
- фенол – $0,0024 \text{ мг/м}^3$;
- формальдегид – $0,01 \text{ мг/м}^3$;
- пыль зерновая – $0,014 \text{ мг/м}^3$;
- пыль шрота – $0,06 \text{ мг/м}^3$.

Решение. Комплексный ИЗА рассчитывается по формуле 6.4, учитывая класс опасности каждого вещества:

$$\frac{0,018}{0,04} \cdot 0,85 + \frac{0,0024}{0,003} \cdot 1,3 + \frac{0,01}{0,003} \cdot 1,3 + \frac{0,014}{0,03} \cdot 1,0 + \frac{0,06}{0,15} \cdot 1,0 = \\ = 0,38 + 1,04 + 4,3 + 0,47 + 0,4 = 6,59.$$

Вывод. ИЗА=6,59, что превышает среднее значение ИЗА по республике ИЗА_{СР}=5,2 и считается повышенным, поскольку концентрация формальдегида превышает ПДК_{СС}.

6.3. Задание

Задача 1. Оценить качество работы очистных фильтров предприятия, выпускающего продукцию K , если в среднесуточной пробе воздуха прилегающего жилого района обнаружены следующие вещества: (таблица 6.2. Исходные данные).

Задача 2. Рассчитать комплексный ИЗА населенного пункта S и оценить экологическую ситуацию, если определена среднегодовая концентрация следующих примесей: (таблица 6.3. Исходные данные для выполнения работы).

Таблица 6.2. Исходные данные для выполнения работы

Вещество	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
Диоксид серы	0,012				0,03	
Сероводород				0,05		
Сероуглерод	0,001					
Диоксид азота	0,018					0,007
Аммиак	0,004			0,5		0,09
Ацетон		0,09	0,012			
Бензол		0,005				0,63
Дихлорэтан		0,033				
Циклогексан		1,2			1,47	
Пропилен		0,8				0,72
Фенол		0,001	0,002		0,002	
Оксид углерода			2,85			
Свинец и его соед.				0,0004		
Бензин нефтяной			1,2			
Бенз(а)пирен, нг/м ³				1,03		0,73
Пыль мучная			0,15			
Сажа	0,02					0,04
Пыль зерновая			0,02	0,02	0,04	
Стирол					0,001	
Пыль крахмала	0,1					
Пыль сахара					0,15	
Пыль шрота		0,12				0,09
Пыль хлопковая		0,03				
Пыль цемента			0,13	0,13		

Продолжение таблицы 6.2.

Вещество	№ варианта					
	7	8	9	10	11	12
Диоксид серы		0,037	0,002			0,031
Сероводород		0,001				
Сероуглерод	0,003				0,047	
Диоксид азота			0,032			
Аммиак	0,09		0,004			
Ацетон				0,28		
Бензол		0,055				
Дихлорэтан						
Циклогексан			0,83			1,25
Пропилен				2,23		
Фенол				0,001		
Оксид углерода					0,73	
Свинец и его соед.			0,0001			
Бензин нефтяной						
Бенз(а)пирен, нг/м ³			1,0			0,2
Пыль мучная					0,13	
Сажа		0,014	0,05			0,03
Пыль зерновая						
Стирол			0,002			0,001
Пыль крахмала		0,09			0,1	
Пыль сахара						
Пыль шрота	0,07	0,14			0,08	0,15
Пыль хлопковая		0,05	0,03	0,02		
Пыль цемента	0,13				0,1	0,08

Таблица 6.3. Исходные данные для выполнения работы

Вещество	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
Диоксид серы				0,02		
Сероводород				0,05		
Сероуглерод	0,003			0,005		
Диоксид азота		0,063				
Аммиак		0,057				
Ацетон	0,35				0,37	
Бензол			0,17			
Дихлорэтан					1,4	
Циклогексан		1,59				2,63
Пропилен	3,16					0,94
Фенол		0,001			0,004	
Оксид углерода		0,96	4,1			
Формальдегид					0,007	0,008

Вещество	№ варианта					
	1	2	3	4	5	6
Бензин нефтяной	1,5		1,2			
Бенз(а)пирен, нг/м ³	0,8				1,3	0,07
Пыль мучная				0,14		
Сажа	0,01					
Пыль зерновая		0,044		0,026		
Стирол			0,002		0,002	
Пыль крахмала		0,21				0,12
Пыль сахара						
Пыль шрота		0,07	0,08			
Пыль хлопковая			0,02			0,071
Пыль цемента	0,24					

Продолжение таблицы 6.3.

Вещество (мг/м ³)	№ варианта					
	7	8	9	10	11	12
Диоксид серы	0,019	0,12				0,031
Сероводород		0,34				
Сероуглерод			0,004			
Диоксид азота	0,026					0,017
Аммиак				0,016		0,019
Ацетон			0,58			
Бензол	0,06				1,38	
Дихлор-этан			0,76		0,17	
Цикло-гексан				1,92	1,22	
Пропилен					5,62	
Фенол		0,0012				
Оксид углерода	1,35			2,15		3,8
Формальдегид		0,008	0,029			0,005
Бензин нефтяной	0,99				0,49	1,79
Бенз(а)пирен, нг/м ³		0,92				
Пыль мучная				0,23		
Сажа	0,03					0,06
Пыль зерновая				0,13		
Стирол		0,001				
Пыль крахмала			0,12			
Пыль сахара	0,087				0,64	
Пыль шрота		0,16				
Пыль хлопковая				0,03		
Пыль цемента	0,11			0,09		

6.4. Контрольные вопросы

1. Каков нормальный состав воздуха?

2. Каково строение атмосферы?
3. Какое значение имеет атмосфера в жизнедеятельности биосферы?
4. Назовите основные источники загрязнения атмосферы.
5. Перечислите основные загрязнители.
6. Каковы последствия загрязнения?
7. Что такое ПДК? Приведите примеры веществ, нормируемых в атмосферном воздухе населенных пунктов.
8. Какие вы знаете классы опасных веществ? По какому принципу классифицируются вредные примеси?
9. Когда применяется ИЗА и как он рассчитывается?
10. Что такое эффект суммации действия и какие вещества обладают этим эффектом?

Рекомендуемая литература

1. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие. – Мн.: Вышэйшая шк., 2001. – 343 с.
2. Маврищев В.В. Основы общей экологии: Учеб. пособие – Мн.: Вышэйшая шк., 2000. – 317 с.
3. Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. Загрязнители атмосферы и борьба с ними. – М.: Прогресс, 1973. – 379 с.
4. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. 0212.1–97. – Мн.: МПРиООС РБ, 1997. – 51 с.
5. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. ОНД-90. – СПб.: ЦДНТИ, 1992. – 199 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Оценка поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок

Цель работы: оценить вынос минерального азота с сельскохозяйственных полей с дренажным стоком

7.1. Общие положения

Основной составляющей биосферы являются органогены (водород, углерод, кислород). Элементы этой группы связывают между собой биологический и геологический циклы. Они встречаются повсеместно и не могут ограничивать развитие биосферы. Элементы, необходимые для жизнедеятельности организмов, называются биогенными (биофильными). Избыток или недостаток этих элементов может стать причиной нарушения нормального функционирования экосистем.

Важнейшими биогенными элементами являются азот (N), фосфор (P), калий (K), кальций (Ca), натрий (Na), сера (S), железо (Fe) и др. Все они участвуют в разных геохимических и биохимических циклах, однако для большинства водных экосистем лимитирующими являются фосфор и азот.

Хозяйственная деятельность в водосборах рек нарушает естественный круговорот веществ, изменяет потоки биогенных элементов, что приводит к снижению их концентрации в одних местах и к накоплению в других. Избыточное поступление биогенных элементов в водотоках и водоемах вызывает их эвтрофирование. *Эвтрофирование* (эвтрофикация, эвтрофия) вод - повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных (природных) факторов.

Объекты сельскохозяйственного производства, включающие различные угодья, животноводческие предприятия (фермы, комплексы), звероводческие и птицеводческие фермы, представляют собой источники повышенной биогенной нагрузки. Интенсификация сельскохозяйственного производства, выражающаяся в трансформации угодий, применении повышенных доз минеральных и органических удобрений, укрупнении ферм и комплексов, а также ряда других мероприятий может вызвать изменение величины и направленности потоков биогенных веществ.

Землеустройство и его изменение оцениваются выносом биогенных элементов в пределах водосборов рек для ограничения их поступления в экосистемы крупных водоемов. В данную оценку включена оптимизация земле-

пользования, по результатам которой возможно сельскохозяйственное переустройство, заключающееся в:

- образовании новых и упорядочении существующих землепользований;
- внутривладельческой организации территорий агропромышленных предприятий;
- выявлении новых земель для освоения;
- отводе и изъятии земельных участков.

Для оценки роли сельскохозяйственного производства в биогенном загрязнении окружающей среды в первую очередь выясняются и характеризуются источники поступления и пути миграции питательных веществ.

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

Рассматриваемые объекты относятся к нестационарным, сезонным источникам биогенной нагрузки, действующим, в основном, в вегетационный период (положительные температуры воздуха и почвы - от начала весеннего снеготаяния до прекращения поверхностного стока в осенний период). Это связано с характером обработки почвы, сроками и способами внесения удобрений.

Основными поступлениями биогенных веществ в водотоки и водоемы от сельскохозяйственного производства являются:

- минеральные удобрения; органические удобрения промышленного производства и др.;
- навоз и навозная жижа от животноводства (иногда в виде торфокомпоста);
- хозяйственно-бытовые стоки населенных пунктов.

Для оценки поступлений выясняется ассортимент и количество используемых в хозяйствах удобрений. Количество, физическая масса удобрений и концентрация биогенных веществ в них различны, поэтому данные характеристики приводятся к единому показателю, удобному для дальнейших расчетов. Такими показателями в практике являются суммарное количе-

ство действующего вещества каждого вида биогенов и удельное ежегодное их внесение на 1 га сельхозугодий.

Минеральные удобрения (поставляемые централизованно, в отличие от органических) обеспечивают более совершенную технологию хранения и внесения в почву, а также контроль за этими процессами за счет гарантированного содержания биогенных веществ.

Поступления органических удобрений существенно отличается от минеральных и связано с особенностями работы животноводческих подразделений, торфопредприятий и местоположением хозяйства. Разнообразие технологий, сооружений и технических средств для уборки, обеззараживания, хранения, транспортировки и внесения навоза в почву оказывает существенное влияние на физико-механические свойства и химический состав последнего, соответствующих стоков и продуктов их обработки. Множество частных технологических решений, многоступенчатость, растянутость во времени (по сезонам) и по территории (удаленность ферм от полей) затрудняют сопоставление содержания биогенных элементов в органических удобрениях.

Хозяйственно-бытовые стоки при отсутствии централизованных систем канализации поселков можно отнести к площадным источникам биогенного загрязнения, оконтуренным границами жилой застройки. Однако в крупных населенных пунктах их можно рассматривать как совокупность точечных источников, причем по интенсивности поступления биогенных веществ и с учетом самоочищающей способности грунтов и грунтовых вод, они наиболее слабые. Рассмотренные источники различаются по составу отходов, способам их обработки, количеству поступления биогенных веществ; неорганизованные отходы животноводства можно суммировать с соответствующими отходами хозяйственных подразделений.

В биологическом круговороте веществ агроландшафтов происходят естественные потери биогенных элементов: азота – в процессах денитрификации, выщелачивания и улетучивания, фосфора – только при выщелачивании и калия – при вымывании. Объем потерь элементов питания зависит от структурных компонентов агроландшафта (механического состава и типа почв, биологических особенностей сельскохозяйственных культур, степени увлажнения территории, микроклимата и др.).

Использование растениями азота зависит от вида удобрений (органические или минеральные). Коэффициент использования растениями азота из органических удобрений доходит до 30 %, а минеральных до 50 % в год их внесения. Оставшийся азот теряется из почвы в виде летучих соединений

(окислы азота, элементарный азот, аммиак), выщелачивается в форме нитратов и закрепляется в микроорганизмах. Аммоний частично фиксируется глинистыми частицами, поэтому последствие азотных удобрений на второй год не превышает 20 %.

Для тяжелых почв с развитой растительностью потери на выщелачивание сравнительно невелики, в то время как значительны потери в процессе денитрификации. Наиболее существенные потери имеют место при внесении удобрений в почву до появления всходов (в течение 30 дней после внесения). Выделение газообразных соединений зависит от температуры, влажности почвы и воздуха, глубины заделки удобрений.

Потери азота из почвы и удобрений в условиях промывного режима зависят от его форм: меньше вымывается аммиачный азот (2...10 %), больше – его нитратные формы (90...98 %). Величина потерь азота при фильтрации зависит от количества осадков (с их увеличением растут и потери азота), типа почв и механического состава (на тяжелых почвах потери азота от вымывания незначительны), характера растительности (максимальные потери на чистых парах, средние – по полевым культурам, минимальные – на лугах и пастбищах).

Содержание подвижного фосфора в почве характеризует степень обеспеченности растений этим элементом, а потому коррелирует с уровнем урожайности и эффективностью фосфорных удобрений. Продуктивность растений определяется не только запасами растворимых фосфатов, но и степенью их подвижности (фактором интенсивности).

Потери фосфора в биологическом круговороте веществ складываются из накопления в почве и вымывания из нее легкорастворимых соединений фосфора и поступления их в водотоки. К этой группе относятся различные формы почвенных фосфатов, участвующих в динамическом равновесии между твердыми фазами почвы и ее раствором.

Механический состав гумусовых горизонтов на процесс аккумуляции подвижного фосфора влияния не оказывает. Средневзвешенное содержание подвижных фосфатов практически одинаково на суглинистых, супесчаных и песчаных почвах. Значительно меньше его содержится в почвах естественных кормовых угодий, а также в глубоких почвенных горизонтах.

Величина вымывания подвижных фосфатов преимущественно зависит от агроструктуры ландшафта и по различным оценкам колеблется: для пашни – 0,5...1,8 кг/га; пастбища – 0,2...0,5 кг/га; леса – 0,1...1,1 кг/га; других зе-

мель – 0,2...0,5 кг/га. Потери фосфора с дренажными водами составляют 0,25...0,6 кг/га в год.

В биологическом круговороте веществ калий занимает особое место, он легко подвижен не только в почве, но и в самих растениях. Днем калий удерживается в их освещенной части, а ночью через корни вновь поглощается почвой. Калий легко вымывается дождем из отмерших частей в почву, поэтому (в отличие от фосфора и азота) его значительно больше в нетоварной части урожая, чем в товарной.

Значительное влияние на круговорот калия имеют климатические факторы: радиация, облачность, температура, влажность воздуха, которые изменяют усвоение растениями калия из почв. Высыхание ее способствует переходу калия в трудно усваиваемую для растений форму, т. е. процессу накопления его в почве. При сырой погоде калий более активно поступает из удобрений в растения. Вымывание калия зависит не столько от дозы, сколько от климатических показателей и механического состава почв. Валовое содержание калия в почве значительно выше, чем азота и фосфора, поэтому общий калий может теряться в больших количествах. Однако потери подвижного калия меньше, чем потери нитратов. На суглинистых почвах вымывание калия незначительно – 7...9 кг/га в год, на песчаных выше – 20...28 кг/га в год.

В хозяйственно-биологическом круговороте веществ могут возникать условия, способствующие ускоренному поступлению биогенных элементов в водотоки, что связано со случаями отклонения от оптимальных технологий, проектными ошибками, нарушениями, аварийными ситуациями.

На вынос биогенных элементов с водосборов влияет комплекс природных и антропогенных факторов. К природным относятся: геоморфологическая и геологическая структуры территории, гидрогеологические и климатические условия, естественная флора и т. д. Антропогенные факторы включают сельскохозяйственное производство, характеризуемое следующими показателями: площадь и контурность сельскохозяйственных угодий; расположение их по отношению к водотоку; структура посевных площадей; дозы, виды, формы и технология внесения удобрений; урожайность культур; наличие комплексов, ферм и поголовья скота, параметры мелиоративной сети (осушительной и осушительно-увлажнительной) и т. д.

Для определения величины выноса биогенных веществ с водосборов из многообразия геоэкологических факторов, (природных и антропогенных) выбираются ведущие, оказывающие наибольшее влияние на миграцию био-

генных элементов в рассматриваемом районе. Помимо упомянутых антропогенных факторов к ним относятся: водность рассматриваемого периода и расчетного; средневзвешенный (с учетом структуры угодий и механического состава почв) поверхностный склоновый сток; доля потерь удобрений в результате нарушений технологического цикла. В отдельных районах, с учетом их специфики перечень ведущих факторов, влияющих на вынос биогенных элементов, может быть уточнен.

7.2. Методика расчета

Определение возможного выноса биогенных веществ с сельскохозяйственных объектов в водоемы производится по агрохимической методике, основанной на зависимости их потерь (в результате процессов вымывания и денитрификации) от количества, выносимого с растительной массой урожая

$$W_i = \alpha_i \cdot R_i, \quad (7.1)$$

где W_i , R_i – масса i -го биогенного вещества (NO_2 , P_2O_5 , K_2O и др.), выносимого, соответственно, из почвы в водоемы и с растительной массой, кг/год; α_i – коэффициент миграции (выноса в водоемы) i -го вещества.

Значения коэффициентов α_i устанавливаются для разных культур в зависимости от почвенно-климатических условий.

Следует отметить, что коэффициент миграции фосфора сильно варьирует в зависимости от реакции почвенной среды. В сильнокислых почвах этот коэффициент составляет 0,04...0,05, в почвах с нейтральной реакцией – более 0,15.

Величина выноса биогенных элементов с растительной массой (R_i , кг/год) определяется по следующей зависимости:

$$R_i = \sum_{j=1}^n K_{ij} \cdot Y_j \cdot F_j, \quad (7.2)$$

где K_{ij} – содержание i -го биогенного элемента в j -й культуре; Y_j – урожайность; F_j – площадь j -й культуры; n – количество культур.

Площади сельскохозяйственных угодий в пределах рассматриваемого бассейна устанавливаются по фактическим данным земле пользования в соответствии с учетной формой земельного баланса, имеющейся в каждом хозяйстве, районе, области. Аналогичным образом определяется структура посевных площадей, т. е. площади, занятые разными культурами – F_j .

Урожайность сельскохозяйственных культур принимается как средняя величина за три года, предшествующая расчету, по фактическим отчетным данным (Y_i).

Количество вносимых на пашню биогенных элементов (P, N, K) определяется путем суммирования их содержания в минеральных и органических удобрениях. На кормовые угодья (сенокосы, пастбища) вносятся преимущественно минеральные удобрения. Суммарное количество питательных элементов в органических удобрениях определяется их содержанием в исходных составляющих – навозе, торфе, навозной жиже с учетом физического веса каждого вещества. Содержание этих элементов во вносимых удобрениях рассчитывается в единицах веса действующего вещества.

Для «ключевых» хозяйств рассматриваемых бассейнов определяются коэффициенты потерь биогенных элементов в результате процессов вымывания и денитрификации от их внесенного количества по формуле:

$$\beta_i = W_i / W_i', \quad (7.3)$$

где W_i , W_i' – соответственно, величина выноса биогенных элементов по формуле (7.1) и внесенного в почву их количества.

В случаях, если на рассматриваемом массиве имеются мелиорируемые земли или планируется создание мелиоративных систем с осушительной сетью, необходим прогноз выноса биогенных веществ с дренажным стоком. Это позволит предусмотреть водоохранные мероприятия по предотвращению загрязнения водоприемников (например, создание водооборотных систем).

Для мелиоративных объектов надо учитывать, что вынос биогенных веществ из почвы сильно зависит от ее влажности. Расчет выноса N, NO_3^- , NH_4^+ , K_2O с дренажным стоком предлагается производить по следующей формуле:

$$W'' = \omega'' \cdot T \cdot F \cdot K, \quad (7.4)$$

где T – расчетный период времени, мес.; F – площадь, га; K – коэффициент пересчета W'' на год с расчетной обеспеченностью стока, $K = S_n' / S_n$; S_n' – поверхностный сток расчетной обеспеченности, мм; S_n – то же для среднего по стоку года, мм; ω'' – удельный вынос веществ (с единицы площади в единицу времени для среднего по стоку года), кг/мес·га, $\omega'' = C \cdot q'$; $q' = q / (V_n + q)$; q – величина дренажного стока, м³/га; V_n – запас влаги в почве при расчетной влажности для периода вегетации и при влажности рав-

ной предельно-полевой влагоемкости (ППВ) для весеннего периода, м³/га; C – содержание подвижных веществ в почве (кг/га), определяемое для разных веществ по следующим формулам:

$$\text{минеральный азот} - C_N = (0,07 \cdot N_M + 0,02 \cdot N_Y + 0,0002 \cdot N_0),$$

$$\text{нитратный азот} - C_{NO_3} = (4,50 \cdot C_N),$$

$$\text{аммонийный азот} - C_{NH_4} = (1,28 \cdot C_N),$$

$$\text{калий} - C_{K_2O} = (0,01 \cdot K_Y + 0,00003 \cdot N_0 + 0,0003 \cdot K_B),$$

где N_M – содержание минерального азота в пахотном слое почвы, кг/га; N_Y , K_Y – соответственно дозы азотных и калийных удобрений, кг/га; N_0 – доза органических удобрений, кг/га; K_B – содержание валовых запасов калия в пахотном слое почвы, кг/га; значения N_M и K_B для разных почв приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 Значения N_M и K_B для разных типов почв

Почвы	N_M	K_B
Торф	200	500
Подзолистые	20	50000
Дерново-подзолистые	40	50000
Чернозем	150	50000
Серозем	20	50000

Значение дренажного стока q для вегетационного периода рекомендуется рассчитывать по формуле Никольского Ю. Н.

$$q = K_{\Phi} \cdot \left(\frac{\Theta - \exp(-\lambda)}{1 - \exp(-\lambda)} \right) \cdot 30, \quad (7.5)$$

для весеннего периода ($T=10$ сут.), $q = \mu \cdot \Delta \cdot 10000$,

где K_{Φ} – коэффициент фильтрации, м/сут; $\Theta = \left(\frac{\bar{W} - W_0}{W_{ПВ} - W_0} \right)^n$ – средняя отно-

сительная влажность почвы; \bar{W} – средняя влажность за период времени T ; W_0 , $W_{ПВ}$, μ – соответственно, максимально-молекулярная и полная влагоемкости, водоотдача; $n=3,5$ – для минеральных почв; $n=5,0$ – для торфяников; λ – параметр, характеризующий капиллярные свойства почвы в зависимости от глубины залегания грунтовых вод (Δ):

$$\lambda = a \cdot n \cdot (\Delta - 0,25); \quad (7.6)$$

$$a = 3,3 \cdot \ln \left(\frac{W_{ПВ} - W_0}{W_{ППВ} - W_0} \right) \quad (7.7)$$

Значения параметров, необходимых для расчетов по формуле (7.5), приведены в таблице 7.2.

При глубоком залегании уровня грунтовых вод ($\Delta \geq 1,5$ м) можно пользоваться зависимостью

$$q = K_{\Phi} \cdot \Theta \cdot 30. \quad (7.8)$$

При наличии напорного питания болотного массива или потока грунтовых вод со стороны водосбора – удельный объем стока веществ рекомендуется определять по зависимости

$$\omega_p = \frac{\omega'' + C_p \cdot P}{q + P}, \quad (7.9)$$

где C_p – содержание веществ в напорных водах или в потоке грунтовых вод, кг/м; P – интенсивность напорного питания или модуль стока грунтовых вод, м³/мес га.

Таблица 7.2. Средние значения водно-физических характеристик разных типов почв

Почва	K_{ϕ} , м/сут	W_0	$W_{ПВ}$	$W_{ППВ}$	Плотность ρ , кг/м ³
		% объема почвы			
Песок	0,1...5	10	35...40	12...18	1600
Супесь	0,01...0,05	12	40...45	15...20	1500
Суглинок	0,001...0,1	15...20	45...50	25...30	1450
Торф	0,1...5	35...45	70...80	60...70	200...300

При низкой влажности почвы и высоком УГВ значение q , рассчитанное по формуле (7.5), может быть отрицательным (при данных условиях идет подпитывание зоны аэрации почвы со стороны грунтовых вод). В этом случае расчет выноса биогенных веществ проводится для дождливого периода вегетации.

7.3. Пример расчета

Определить вынос минерального азота с дренажным стоком за год с торфяника. Грунтовые воды находятся на глубине $\Delta=1$ м, средняя влажность $\bar{W} = 60\%$ объема почвы, доза внесения азотных удобрений $N_y=100$ кг/га,

доза внесения органических удобрений $N_G=20$ т/га, интенсивность напорного питания $P=0,0$ м³/мес. га).

1. Расчет параметров:

– определяем параметры, характеризующие капиллярные свойства почвы по формулам (7.6) и (7.7)

$$a = 3,3 \cdot \ln\left(\frac{W_{ПВ} - W_0}{W_{ППВ} - W_0}\right) = 3,3 \cdot \ln\left(\frac{80 - 35}{70 - 35}\right) = 0,83;$$

$$\lambda = a \cdot n \cdot (\Delta - 0,25) = 0,83 \cdot 5,0 \cdot (1 - 0,25) = 3,11;$$

– рассчитываем запас влаги в почве при расчетной влажности для периода вегетации

$$V_n = \frac{\bar{W}}{100} \cdot \Delta \cdot \rho \cdot \frac{10000}{\rho_{вод}} = \frac{60}{100} \cdot 1 \cdot 300 \cdot \frac{10000}{1000} = 1800 \text{ м}^3 / \text{га},$$

где 100 – перевод влажности из % в доли единицы; 10000 – пересчет на гектар, м²; $\rho_{вод}$ – плотность воды, кг/м³.

2. Годовой дренажный сток:

– рассчитываем среднюю относительную влажность почвы

$$\Theta = \left(\frac{\bar{W} - W_0}{W_{ПВ} - W_0}\right)^5 = \left(\frac{60 - 35}{80 - 35}\right)^5 = 0,053;$$

– определяем значение дренажного стока за вегетационный период по формуле (7.5)

$$q = K_{\Phi} \cdot \left(\frac{\Theta - \exp(-\lambda)}{1 - \exp(-\lambda)}\right) \cdot 30 = 3 \cdot \left(\frac{0,053 - \exp(-3,11)}{1 - \exp(-3,11)}\right) \cdot 30 \cdot 12 \cdot 10 = 95 \text{ м}^3 / \text{га},$$

где 12 – число месяцев в году; 10 – пересчет величины дренажного стока, м³/га;

– находим величину относительного дренажного стока

$$q' = q / (V_n + q) = 95 / (1800 + 95) = 0,05.$$

3. Удельный вынос веществ

– определяем содержание подвижных веществ в почве

$$\begin{aligned} C_N &= (0,07 \cdot N_M + 0,02 \cdot N_Y + 0,0002 \cdot N_0) = \\ &= (0,07 \cdot 200 + 0,02 \cdot 100 + 0,0002 \cdot 20000) = 20 \text{ кг} / \text{га}, \end{aligned}$$

– рассчитываем удельный вынос веществ

$$\omega^* = C_N \cdot q' = 20 \cdot 0,05 = 1,0 \text{ кг} / \text{год га}.$$

4. Концентрация минерального азота в дренажном стоке

$$C_{Nq} = \frac{1,0 \cdot 1000}{95} = 10,5 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

Полученная величина концентрации минерального азота превышает рыбохозяйственное ПДК=0,02.

Аналогично рассчитываем для других биогенов (P_2O_5 , K_2O).

7.4. Задание

Определить вынос минерального азота с дренажным стоком за год с сельскохозяйственного стока.

Таблица 7.3. Исходные данные

Параметры	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Почва	торф	песок	супесь	суглинок	торф	супесь
Уровень грунтовых вод, м	1,0	1,2	1,3	0,8	0,9	1,0
Средняя влажность, \bar{W} , %	55	10	12	25	60	15
Дозы азотных удобрений, N_y , кг/га	100	90	110	80	100	90
Дозы органических удобрений, N_o , т/га	18	20	15	16	20	17
Интенсивность напорного питания, P , м ³ /мес. га	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 7.3

Параметры	Варианты					
	7	8	9	10	11	12
Почва	торф	песок	супесь	суглинок	торф	супесь
Уровень грунтовых вод, м	1,4	1,3	1,1	1,2	1,0	1,0
Средняя влажность, \bar{W} , %	57	12	13	26	60	11
Дозы азотных удобрений, N_y , кг/га	100	90	90	80	110	85
Дозы органических удобрений, N_o , т/га	18	16	15	17	20	14
Интенсивность напорного питания, P , м ³ /мес. га	0	0	0	0	0	0

7.5. Контрольные вопросы

1. Виды возможного сельскохозяйственного переустройства?

2. Основные источники поступления биогенных веществ?
3. Факторы влияющие на вынос биогенных веществ?

Рекомендуемая литература

1. Методические указания по расчету поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок и установлению водоохранных мероприятий. М.: Союзгипроводхоз, 1988. – 87 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Расчет ПДС веществ, поступающих со сточными водами от предприятий в водные объекты

Цель работы: изучить нормативы и свойства воды водных объектов, гигиенические требования к составу и свойствам сточных вод

8.1. Общие сведения

8.1.1. Нормативы качества воды для водных объектов

Мероприятия по защите водных ресурсов от загрязнения определяют нормы охраны вод, т. е. установленными значениями показателей, содержание которых обеспечивает экологическое благополучие водных объектов и необходимые условия для охраны здоровья населения, культурно-бытового водопользования (ГОСТ 17.1.1.01 – 77).

Система мер по охране вод включает:

- нормирование качества воды в водном объекте;
- регламентацию сброса нормированных веществ в водоемы с возвратными водами;
- регламентацию различных видов деятельности, влияющих на состояние вод;
- организационно-технические мероприятия, связанные с рационализацией водопользования, экспертизой объектов, контролем состава и свойств воды, эффективностью работы очистных сооружений и т. д.

Основные требования к водопотребителям определены действующим законодательством и «Правилами охраны поверхностных вод (Типовые положения)» (1991); «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения» (1989) и другими нормативными документами.

Нормирование качества воды водоемов проводится по категориям в зависимости от их назначения:

- *хозяйственно-питьевого* (водные объекты служат источниками централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности);
- *культурно-бытового* (водные объекты используются для купания, спорта и отдыха населения или находятся в пределах населенных пунктов);

- *рыбохозяйственного* (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 контрольных 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 pH, состав и концентрации минеральных примесей, концентрация растворенного кислорода (БПК_{полн}), 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.

При отсутствии значений ПДК временно устанавливаются величины *ориентировочно допустимых уровней* нормированных веществ (ОДУ). Они определяются расчетами или экспериментальными методами прогноза токсичности и применяются только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми и строящимися предприятиями, очистными сооружениями. Ввод предприятий, цехов, технологий в эксплуатацию возможен только при наличии ПДК веществ и методов их определения в воде.

Для нормированных веществ установлены классы опасности:

(1-й класс – чрезвычайно опасные; 2-й – высокоопасные; 3-й – опасные; 4-й – умеренно опасные вещества) в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные эффекты и *лимитирующего показателя вредности* (ЛПВ).

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 ЛПВ используют еще 2 вида: *токсикологический и рыбохозяйственный*.

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

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (8.1)$$

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.

Согласно действующему законодательству, в водоемы могут сбрасываться только нормативно-очищенные сточные воды, отведение которых после очистки в водные объекты не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе (поперечном сечении потока, в котором контролируется качество воды) или пункте водопотребления.

Сброс возвратных вод в водные объекты является одним из видов *специального водопользования* (водопользования с применением сооружений или технических устройств) и осуществляется на основании разрешения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Условия отведения возвратных вод в водоемы определяется с учетом степени смешения стоков с водой водного объекта в контрольном створе и фонового состава и свойств воды водных объектов в местах выпуска сточных вод. На основании расчетов для каждого выпуска возвратных вод устанавливаются *предельно допустимые сбросы* (ПДС) веществ в водные объекты.

Предельно допустимый сброс представляет собой массу вещества в сточных водах, максимально допустимую к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

При установлении ПДС расчетный расход сбрасываемых вод принимается как максимальный среднегодовой за фактический период работы.

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 количество 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 комитетах природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Нормативы ПДС устанавливаются на срок до 3-х лет и подлежат пересмотру (переутверждению) или уточнению по планам-графикам, согласованными 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 республиканскими или областными органами Государственного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды 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. Ниже, в таблице 8.1 приведены гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов, а в таблице 8.2 представлены ПДК вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Таблица 8.1. 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, $мг/дм^3$				
	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°C		5°C		
	по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет				
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5				
Минеральный состав по сухому остатку, в т.ч.:	Не должен превышать $1000 мг/дм^3$				
	хлоридов, $г/дм^3$	350	350	300	300
	сульфатов, $г/дм^3$	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	
$БПК_{полн}$	Не должно превышать при 20°C, $мг O_2/дм^3$				
	3	6	3	3	
$ХПК$	Не должно превышать, $мг O_2/дм^3$				
	15	30	15	15	
Химические вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ				

Таблица 8.2. ПДК вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

№№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности	ЛПВ*	ПДК, мг/дм ³
1	Алюминий	2	с.-т.	0,5
2	Аммония сульфат	3	орг.	1,0
3	Аммиак (по азоту)	3	с.-т.	2,0
4	БВК	3	с.-т.	0,02
5	Бензин	3	орг.	0,1
6	Бензол	2	с.-т.	0,5
7	Бериллий	1	с.-т.	0,0002
8	Бром	2	с.-т.	0,2
9	Глицерин	4	общ.	0,5
10	Далапон	3	орг.	2,0
11	2,4-Д аминная соль	3	орг.	0,2
12	Железо	3	орг.	0,3
13	Керосин тракторный	4	орг.	0,01
14	Медь	3	орг.	1,0
15	Натрий	2	с.-т.	200,0
16	Нефть	4	орг.	0,3
17	Никель	3	с.-т.	0,1
18	Нитраты	3	с.-т.	45,0
19	Нитриты	2	с.-т.	3,3
20	Пропиленгликоль	3	общ.	0,6
21	Родамин Ж	4	общ.	0,01
22	Стрептоцид	4	общ.	0,5
23	Свинец	2	с.-т.	0,03
24	Сульфолен	1	общ.	0,1
25	Тетраэтилово	1	с.-т.	0,0002
26	Толуол	4	орг.	0,5
27	Уксусная кислота	4	общ.	1,0
28	Фенол	4	орг.	0,001
29	Фосфат кальция	4	общ.	3,5
30	Этилен	3	орг.	0,5

Примечание. *ЛПВ – лимитирующий показатель вредности:

- с.-т. – санитарно-токсикологический;
- общ. – общесанитарный;
- орг. – органолептический.

8.1.2. Расчет допустимого состава сточных вод, сбрасываемых 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:

$$\text{ПДС} = q_{\text{СВ}} \cdot C_{\text{СВ}}, \text{ т/ч} \quad (8.2)$$

где $q_{\text{СВ}}$ – среднечасовой расход сточных вод (наибольший) за период его фактического сброса, $\text{м}^3/\text{ч}$; $C_{\text{СВ}}$ – концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект, $\text{мг}/\text{дм}^3$ ($\text{г}/\text{м}^3$).

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:

$$C_{\text{СВ}}^{\text{расч}} = n \cdot (C_{\text{Н}} - C_{\text{Ф}}) + C_{\text{Ф}}, \text{ мг}/\text{дм}^3 \quad (8.3)$$

где n – кратность разбавления сточных вод; $C_{\text{Н}}$ – нормативная концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта (контрольного створа) соответствующего вида водопользования, $\text{мг}/\text{дм}^3$; $C_{\text{Ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта (до места выпуска сточных вод), $\text{мг}/\text{дм}^3$.

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

$$n = \frac{C_{\text{СВ}} - C_{\text{Ф}}}{C - C_{\text{Ф}}}, \quad (8.4)$$

где C – концентрация загрязняющих веществ в водоеме после выпуска сточных вод, $\text{мг}/\text{дм}^3$ ($\text{г}/\text{м}^3$).

Для водоемов с направленным течением кратность разбавления удобнее определять по формуле:

$$n = \frac{a \cdot Q_B + q_{CB}}{q_{CB}}, \quad (8.5)$$

где a – коэффициент смешения, показывающий какая часть расхода воды в водоеме участвует в смешении; Q_B – наименьший среднемесячный расход воды в водоеме, $м^3/с$; q_{CB} – расход сточных вод, сбрасываемых в водоем, $м^3/с$.

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

$$C_{CB} \leq C_H. \quad (8.6)$$

Нормативное содержание минеральных веществ (в том числе хлоридов и сульфатов) и БПК_{полн} в водном объекте определяется в соответствии с категорией водопользования (см. таблицу 8.1).

Нормативное содержание взвешенных веществ в воде водного объекта составляет

$$C_H^{B3B} = p + C_{\Phi}^{B3B}, \text{ мг/дм}^3, \quad (8.7)$$

где p – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после сброса сточных вод (таблица 8.1), $мг/дм^3$; C_{Φ}^{B3B} – фоновая концентрация взвешенных веществ в водном объекте, $мг/дм^3$.

Нормативная концентрация вредных веществ C_H определяется с учетом их ЛПВ [обязательно выполнение соотношения (1)] и ПДК

$$C_H^{BB} = \frac{\text{ПДК}^{BB}}{m}, \text{ мг/дм}^3, \quad (8.8)$$

где ПДК^{BB} – ПДК вредного вещества в воде водного объекта (см. таблицу 8.2), $мг/дм^3$; m – количество вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ.

Необходимая степень (эффективность) очистки сточных вод от загрязнений перед сбросом в водный объект составляет

$$\Xi = \frac{C_{ИСХ} - C_{CB}}{C_{ИСХ}} \cdot 100, \% , \quad (8.9)$$

где $C_{ИСХ}$ – исходная концентрация загрязнения в неочищенных сточных водах, $мг/дм^3$.

Концентрация загрязнений в выпускаемых вне черты населенного пункта после очистки сточных водах рассчитывается по формуле (8.3) в том случае, когда фоновый уровень загрязнений не превышает нормативы

$C_{\phi} \leq C_H$. Если фоновый уровень загрязнений выше нормативного ($C_{\phi} > C_H$), концентрация загрязнений в выпускаемых сточных водах принимается равной нормативному уровню ($C_{CB} = C_H$), либо назначается из условия неухудшения сформировавшегося качества природной воды ($C_H < C_{CB} \leq C_{\phi}$).

В случае, если рассчитанная по формуле (8.3) допустимая к сбросу концентрация загрязняющего вещества превышает концентрацию загрязнения в неочищенной сточной воде ($C_{CB}^{расч} \geq C_{ИСХ}$), то очистка по данному загрязнению не требуется и концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект, принимается исходя из фактического состава: $C_{CB} = C_{ИСХ}$. Также не требуется очистка сточной воды, если содержание загрязняющего вещества в неочищенной сточной воде не превышает норматив ($C_{ИСХ} \leq C_H$), тогда допустимая концентрация загрязнения в сбрасываемой сточной воде определяется либо исходя из фактического состава ($C_{CB} = C_{ИСХ}$), либо в соответствии с нормативами ($C_{CB} = C_H$).

Для подпадающих под общие требования показателей 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 Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения (см. таблицы 8.1; 8.2).

8.1.3. Порядок расчета предельно-допустимого сброса загрязняющих сточные воды веществ в водосток

8.1.3.1. Рассчитывается кратность разбавления сточных вод речной водой (n) по формуле 8.5.

8.1.3.2. Определяется нормативное содержание загрязняющих веществ, которое должно обеспечиваться в контрольном створе, C_H по таблицам 8.1; 8.2.

8.1.3.3. Определяется содержание загрязняющих веществ в сбрасываемых в водоток сточных водах C_{CB} :

а) если $C_{ИСХ} \leq C_H$, то $C_{CB} = C_H$;

б) если $C_{ИСХ} > C_H$ и $C_{\phi} > C_H$, то $C_{CB} = C_H$;

в) если $C_{ИСХ} > C_H$ и $C_{Ф} \leq C_H$, то по формуле 8.3 рассчитывается

$C_{СВ}^{расч}$:

если $C_{СВ}^{расч} > C_{ИСХ}$, то $C_{СВ} = C_{ИСХ}$;

если $C_{СВ}^{расч} < C_{ИСХ}$, то $C_{СВ} = C_{СВ}^{расч}$.

8.1.3.4. Рассчитывается эффективность очистки сточных вод Э по формуле 8.9.

8.1.3.5. Рассчитывается ПДС загрязняющих сточные воды веществ по формуле 8.2.

8.2. Пример расчета необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом

На предприятии в процессе производства образуются сточные воды с расходом $q_{СВ} = 0,25 \text{ м}^3/\text{с}$ ($900 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Сброс сточных вод осуществляется в реку за чертой населенного пункта. Расход воды в реке – $Q_B = 20 \text{ м}^3/\text{с}$. Ближайший пункт водопользования после выпуска сточных вод – населенный пункт, для которого река является источником централизованного водоснабжения. Содержание взвешенных веществ в сточной воде $70 \text{ мг}/\text{дм}^3$, в речной воде – $35 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Содержание минеральных веществ по сухому остатку в сточной воде – $680 \text{ мг}/\text{дм}^3$, в том числе $380 \text{ мг}/\text{дм}^3$ хлоридов и $160 \text{ мг}/\text{дм}^3$ сульфатов. В речной воде содержится $310 \text{ мг}/\text{дм}^3$ минеральных веществ, в том числе $30 \text{ мг}/\text{дм}^3$ хлоридов и $25 \text{ мг}/\text{дм}^3$ сульфатов. В сточной воде содержится $60 \text{ мг}/\text{дм}^3$ легко окисляемых органических веществ, характеризуемых величиной БПК_{полн}, в речной воде этот показатель – $1,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$. В сточной воде содержится $1,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$ свинца, $0,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$ бензола, $0,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$ фенола, $3,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$ глицерина, в речной воде данные загрязнения отсутствуют. Водородный показатель рН сточной воды – $9,5$ речной – $7,9$.

Определить необходимую степень очистки и величины ПДС загрязняющих сточные воды веществ.

Решение. Исходные и расчетные данные удобнее объединить и выполнить в табличной форме.

Решение задачи осуществляем в соответствии с порядком расчета ПДС (пункт 8.1.3).

Определяем.

1. Кратность разбавления сточных вод речной водой (формула 8.5):

$$n = \frac{a \cdot Q_B + q_{CB}}{q_{CB}} = \frac{0,1 \cdot 20 + 0,25}{0,25} = 9$$

Таблица 8.3. Характеристика состава и свойств речной воды и сточной воды, образующейся на предприятии

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³				Эф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		$C_{исх}$	C_H	C_Φ	C_{CB}		
1	Взвешенные вещества	70		35			
2	Минеральные вещества по сухому остатку	680		310			
3	Хлориды	380		30			
4	Сульфаты	160		25			
5	БПК _{полн}	60		1,5			
6	Свинец	1,5		0,03			
7	Бензол	0,2		-			
8	Фенол	0,1		-			
9	Глицерин	3,0		-			
10	pH	9,0		8,2			

2. По таблицам 8.1 и 8.2 определяем и записываем в таблицу 8.3 нормативное содержание загрязняющих веществ в контрольном створе C_H :

- нормативное содержание взвешенных веществ рассчитываем по формуле 8.7:

$$C_H^{B3B} = p + C_\Phi^{B3B} = 0,25 + 35 = 35,25 \text{ мг/дм}^3,$$

где $p = 0,25 \text{ мг/дм}^3$ (для хозяйственно-питьевого водопользования, таблица 8.1);

- нормативное содержание минеральных веществ по сухому остатку в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 1000 мг/дм^3 (таблица 8.1):

$$C_H^{МИН} = 1000 \text{ мг / дм}^3;$$

- нормативное содержание хлоридов в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 350 мг/дм^3 (таблица 8.1):

$$C_H^{ХЛ} = 350 \text{ мг / дм}^3;$$

- нормативное содержание сульфатов в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 500 мг/дм^3 (таблица 8.1):

$$C_H^{CYU} = 500 \text{ мг} / \text{дм}^3;$$

- нормативное содержание БПК_{полн} в воде хозяйственно-питьевого назначения не должно превышать 3 мг/дм³ (таблица 8.1)

$$C_H^{БПК} = 3 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

- нормативное содержание свинца, бензола, нитрохлорбензола и ацетона определяем с учетом их ЛПВ. Используя таблицу 8.2, находим количество веществ, относящихся к одному ЛПВ, и рассчитываем их нормативные концентрации (формула 8.8):

свинец –	}	санитарно-токси-	}	m=2
бензол –		кологический ЛПВ		
фенол –		органолептический ЛПВ		m=1
глицерин –		общесанитарный ЛПВ		m=1

свинец:

$$C_H^{СЦ} = \frac{ПДК^{СЦ}}{m} = \frac{0,03}{2} = 0,015 \text{ мг} / \text{дм}^3;$$

бензол:

$$C_H^{БЕН} = \frac{ПДК^{БЕН}}{m} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ мг} / \text{дм}^3;$$

фенол:

$$C_H^{ФЕН} = \frac{ПДК^{ФЕН}}{m} = \frac{0,001}{1} = 0,001 \text{ мг} / \text{дм}^3;$$

глицерин:

$$C_H^{ГЛ} = \frac{ПДК^{ГЛ}}{m} = \frac{0,5}{1} = 0,5 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

- нормативное значение водородного показателя рН_н в водотоке хозяйственно-питьевого назначения не должно выходить за пределы интервала 6,5...8,5, поэтому за нормативное принимаем ближайшее к рН_{исх}=9,5 значение из интервала: рН_н=8,5.

Таблица 8.3 после заполнения столбца C_H принимает вид:

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³				Эф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		$C_{ИСХ}$	C_H	C_Φ	$C_{СВ}$		
1	Взвешенные вещества	70	35,25	35			
2	Минеральные вещества по сухому остатку	680	1000	310			
3	Хлориды	380	350	30			
4	Сульфаты	160	500	25			
5	БПК _{полн}	60	3,0	1,5			
6	Свинец	1,5	0,015	0,03			
7	Бензол	0,2	0,25	–			
8	Фенол	0,1	0,001	–			
9	Глицерин	3,0	0,5	–			
10	pH	9,5	8,5	7,9			

3. Определяем концентрацию сбрасываемых в водоток загрязняющих веществ $C_{СВ}$ в соответствии с пунктом 8.1.3.3.

3.1. Сравниваем графы $C_{ИСХ}$ и C_H и определяем показатели, для которых выполняется соотношение $C_{ИСХ} \leq C_H$:

- минеральные вещества ($680 < 1000 \text{ мг/дм}^3$);
- сульфаты ($160 < 500 \text{ мг/дм}^3$);
- бензол ($0,2 < 0,25 \text{ мг/дм}^3$).

Для данных показателей $C_{СВ} = C_{ИСХ}$:

- минеральные вещества: $C_{СВ}^{МИН} = C_{ИСХ}^{МИН} = 680 \text{ мг/дм}^3$;
- сульфаты: $C_{СВ}^{СУЛ} = C_{ИСХ}^{СУЛ} = 160 \text{ мг/дм}^3$;
- бензол: $C_{СВ}^{БЕН} = C_{ИСХ}^{БЕН} = 0,2 \text{ мг/дм}^3$.

Значения $C_{СВ}$ записываем в таблицу 8.3.

3.2. Сравниваем графы $C_{ИСХ}$ и C_H и из оставшихся показателей находим те, для которых выполняется соотношение $C_\Phi > C_H$:

- свинец ($0,03 > 0,015 \text{ мг/дм}^3$).

В этом случае $C_{СВ} = C_H$, следовательно, $C_{СВ}^{СЦ} = C_H^{СЦ} = 0,015 \text{ мг/дм}^3$ (вносим в таблицу 8.3).

3.3. Для остальных показателей по формуле 8.3 рассчитываем допустимую к сбросу концентрацию загрязняющих веществ:

- взвешенные вещества:

$$C_{CB}^{ВЗВ} = n \cdot (C_H^{ВЗВ} - C_\Phi^{ВЗВ}) + C_\Phi^{ВЗВ} = 9 \cdot (35,25 - 35) + 35 = 37,25 \text{ мг} / \text{дм}^3;$$

- хлориды:

$$C_{CB}^{ХЛ} = n \cdot (C_H^{ХЛ} - C_\Phi^{ХЛ}) + C_\Phi^{ХЛ} = 9 \cdot (350 - 30) + 30 = 2910 \text{ мг} / \text{дм}^3;$$

- БПК: $C_{CB}^{БПК} = n \cdot (C_H^{БПК} - C_\Phi^{БПК}) + C_\Phi^{БПК} = 9 \cdot (3 - 1,5) + 1,5 = 15 \text{ мг} / \text{дм}^3;$

- фенол: $C_{CB}^{ФЕН} = n \cdot (C_H^{ФЕН} - C_\Phi^{ФЕН}) + C_\Phi^{ФЕН} = 9 \cdot 0,001 = 0,009 \text{ мг} / \text{дм}^3;$

- глицерин: $C_{CB}^{ГЛ} = n \cdot (C_H^{ГЛ} - C_\Phi^{ГЛ}) + C_\Phi^{ГЛ} = 9 \cdot 0,5 = 4,5 \text{ мг} / \text{дм}^3.$

Сравнивая допустимые к сбросу $C_{CB}^{расч}$ и исходные $C_{ИСХ}$ концентрации загрязняющих веществ, определяем концентрации этих веществ в воде, сбрасываемой в водоток:

- взвешенные вещества: $C_{CB}^{ВЗВ} = C_{CB}^{расчВЗВ} = 37,25 \text{ мг} / \text{дм}^3;$

- хлориды: $C_{CB}^{ХЛ} = C_{ИСХ}^{ХЛ} = 380 \text{ мг} / \text{дм}^3;$

- БПК: $C_{CB}^{БПК} = C_{CB}^{расчБПК} = 15 \text{ мг} / \text{дм}^3;$

- фенол: $C_{CB}^{ФЕН} = C_{CB}^{расчФЕН} = 0,009 \text{ мг} / \text{дм}^3;$

- глицерин: $C_{CB}^{ГЛ} = C_{ИСХ}^{ГЛ} = 3,0 \text{ мг} / \text{дм}^3.$

Значения C_{CB} заносим в таблицу 8.3.

3.4. Перед сбросом в реку необходимо произвести подкисление сточных вод до $pH_{CB} = 8,5$.

3.5. По формуле 8.9 рассчитываем эффективность очистки в сточной воде:

- взвешенных веществ:

$$\varepsilon^{ВЗВ} = \frac{C_{ИСХ}^{ВЗВ} - C_{CB}^{ВЗВ}}{C_{ИСХ}^{ВЗВ}} \cdot 100\% = \frac{70 - 37,25}{70} = 46,8\%;$$

- минеральных веществ: $\varepsilon^{МИН} = 0;$

- хлоридов: $\varepsilon^{ХЛ} = 0;$

- сульфатов: $\varepsilon^{СУЛ} = 0;$

- БПК_{полн}: $\varepsilon^{БПК} = \frac{C_{ИСХ}^{БПК} - C_{CB}^{БПК}}{C_{ИСХ}^{БПК}} \cdot 100\% = \frac{60 - 15}{60} = 75\%;$

- свинца: $\mathcal{E}^{СЦ} = \frac{C_{ИСХ}^{СЦ} - C_{СВ}^{СЦ}}{C_{ИСХ}^{СЦ}} \cdot 100\% = \frac{1,5 - 0,015}{1,5} = 99\%$;
- бензола: $\mathcal{E}^{БЕН} = 0$;
- фенола: $\mathcal{E}^{ФЕН} = \frac{C_{ИСХ}^{ФЕН} - C_{СВ}^{ФЕН}}{C_{ИСХ}^{ФЕН}} \cdot 100\% = \frac{0,1 - 0,009}{0,1} = 91\%$;
- глицерина: $\mathcal{E}^{ГЛ} = 0$.

Данные заносим в таблицу 8.3.

3.6. По формуле 8.2 рассчитываем и записываем в таблицу 8.3 ПДС загрязняющих сточные воды веществ:

- взвешенных веществ:
- ПДС^{ВЗВ} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{ВЗВ} = 0,2 \cdot 3600 \cdot 37,25 = 335,25 \text{ г/ч}$;
- минеральных веществ по сухому остатку:
- ПДС^{МИН} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{МИН} = 0,25 \cdot 3600 \cdot 680 = 612000 \text{ г/ч}$;
- хлоридов:
- ПДС^{ХЛ} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{ХЛ} = 0,25 \cdot 3600 \cdot 380 = 342000 \text{ г/ч}$;
- сульфатов:
- ПДС^{СУЛ} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{СУЛ} = 0,25 \cdot 3600 \cdot 160 = 144000 \text{ г/ч}$;
- БПК_{полн}: ПДС^{БПК} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{БПК} = 900 \cdot 15 = 13500 \text{ г/ч}$;
- свинца: ПДС^{СЦ} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{СЦ} = 900 \cdot 0,015 = 13,5 \text{ г/ч}$;
- бензола: ПДС^{БЕН} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{БЕН} = 900 \cdot 0,2 = 180 \text{ г/ч}$;
- фенола: ПДС^{ФЕН} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{ФЕН} = 900 \cdot 0,009 = 8,1 \text{ г/ч}$;
- глицерина: ПДС^{ГЛ} = $q_{СВ} \cdot C_{СВ}^{ГЛ} = 900 \cdot 3 = 2700 \text{ г/ч}$.

Заполненная таблица 8.3 имеет вид:

Таблица 8.3.

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³				Эф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		C _{ИСХ}	C _И	C _Ф	C _{СВ}		
1	Взвешенные вещества	70	35,25	35	37,25	46,8	335,25
2	Минеральные в-ва по сухому остатку	680	1000	310	680	—	612000
3	Хлориды	380	350	30	380	—	342000
4	Сульфаты	160	500	25	160	—	144000

№ п/п	Наименование показателя загрязнения	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³				Эф-ть очистки, %	ПДС, г/ч
		$C_{исх}$	C_H	C_ϕ	$C_{св}$		
5	БПК _{полн}	60	3,0	1,5	15	75	13500
6	Свинец	1,5	0,015	0,03	0,015	99	13,5
7	Бензол	0,2	0,25	–	0,2	–	180
8	Фенол	0,1	0,001	–	0,009	91	8,1
9	Глицерин	3,0	0,5	–	3,0	–	2700
10	pH	9,5	8,5	7,9	8,5	–	–

8.3. Задание

Сброс сточных вод проектируемого животноводческого комплекса предполагается в водоток. Определить необходимую степень очистки и величины ПДС загрязняющих сточные воды веществ, используя исходные данные своего варианта.

Таблица 8.4. Исходные данные

№ вар.	Расход воды		а	Взвеш. вещества		Минер. состав		Хлориды		Сульфаты	
	$Q_{св}$	Q_B		$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ
1	0,15	35	0,09	70	35	800	325	360	33	400	25
2	0,12	30	0,06	65	40	1050	400	620	25	410	29
3	0,1	25	0,05	40	35	1100	220	300	21	690	26
4	0,45	70	0,10	75	30	750	605	380	15	290	42
5	0,2	40	0,10	52	44	900	430	210	24	420	35
6	0,25	50	0,04	60	32	770	390	350	40	355	27
7	0,16	40	0,08	42	43	750	410	395	30	310	34
8	0,3	65	0,09	55	30	1200	280	320	26	825	40
9	0,4	75	0,07	78	49	660	690	400	19	255	57
10	0,35	60	0,08	67	50	840	250	355	36	440	43
11	0,21	55	0,06	40	55	950	450	340	22	580	30
12	0,5	70	0,02	85	34	1180	510	460	31	575	38

Продолжение таблицы 8.4.

№ вар.	БПК _п		Аммиак		Нитраты		Керосин тракт.		Фосфат кальция		pH	
	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ	$C_{исх}$	C_ϕ
1	32	3,5	14	2,4	70	41	2,1	0,05	3,4	–	5,5	6,5
2	4,7	2,5	3,6	1,3	49	24	0,008	–	8,5	2,5	6,0	6,0
3	50	2,4	8,2	1,9	60	30	0,01	–	9,3	2,1	5,5	6,0
4	4,5	3,0	2,5	1,1	40	45	0,15	0,01	5,6	–	5,0	7,0
5	2,4	1,9	4,0	1,8	85	18	3,3	–	6,1	3,4	5,0	5,5
6	5,2	2,5	6,1	2,0	35	50	1,6	–	4,9	4,6	5,5	6,0
7	35	2,0	3,0	1,7	65	40	0,27	0,12	7,0	2,2	6,5	7,0

№ вар.	БПК _п		Аммиак		Нитраты		Керосин тракт.		Фосфат кальция		рН	
	<i>C_{исх}</i>	<i>C_ф</i>										
8	7,5	3,7	2,2	0,9	75	15	0,009	–	4,5	1,8	6,0	6,5
9	3,0	1,8	1,9	1,2	100	25	0,95	0,01	5,0	3,3	6,5	7,5
10	9,4	7,3	7,4	0,8	55	32	2,0	–	9,1	3,5	5,0	5,5
11	4,1	4,3	9,5	2,9	40	29	0,41	–	4,2	2,8	5,0	6,5
12	25	6,6	1,8	1,2	92	45	0,06	–	4,2	–	5,5	6,5

Контрольные вопросы

1. Дать определение ПДС.
2. К каким категориям водопользования устанавливаются нормативы состава и свойств воды водных объектов?
3. Значение и виды ЛПВ.
4. Когда применяются ОДУ?
5. Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов.

Рекомендуемая литература

1. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: Учебник. Ростов н/Д: «Феникс», 2000. – 576 с.
2. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 343 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Экономическое обоснование водоохранных мероприятий

Цель работы: научить студентов определять экономическую эффективность природоохранных мероприятий на примере водоохранных

9.1. Общие сведения

Экономическое обоснование водоохранных мероприятий осуществляется путем сопоставления экономического результата с соответствующими затратами на его обеспечение с помощью показателей общей и сравнительной эффективности, а также годового (чистого) экономического эффекта от проведения рассматриваемых мероприятий.

Экономический результат водоохранных мероприятий по предотвращению загрязнения водоемов биогенными веществами (P , руб/год) является многоцелевым; его следует определять по формуле:

$$P = Y_n + D, \quad (9.1)$$

где Y_n – величина предотвращенного экономического ущерба от проведения водоохранных мероприятий, руб/год; D – годовой доход (прирост) от улучшения использования биогенных веществ и других целевых эффектов в смежных отраслях в результате проведения водоохранных мероприятий, руб/год.

Экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству в результате загрязнения водной среды, измеряется необходимой суммой затрат на предотвращение воздействия загрязненной среды на реципиентов.

Состав экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов биогенными веществами сельскохозяйственных источников определен в соответствии с общими рекомендациями методик и с учетом специфики воздействия биогенных веществ на водные биоценозы. Вследствие загрязнения водных источников водопользователи несут затраты на мероприятия по предотвращению воздействия загрязненной среды (в виде переноса водозабора к более “чистым”, но менее эффективным источникам; строительства более сложной системы очистных сооружений при водопотреблении и т. д.). В случаях, когда такое предотвращение невозможно или возможно частично, водопользователи несут затраты, вызванные воздействием загрязненной среды на них. Это могут быть дополнительные затраты в связи

с потерями рыбопродуктивности водоемов, а в отдельных случаях и затраты на медицинское обслуживание пострадавшего населения.

Экономический ущерб от загрязнения среды является комплексной величиной и определяется как сумма ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах загрязненной зоны. В качестве реципиентов целесообразно рассматривать:

- 1) население;
- 2) объекты жилищно-коммунального хозяйства;
- 3) сельскохозяйственные угодья;
- 4) лесные ресурсы;
- 5) основные фонды промышленности и транспорта;
- 6) рыбное хозяйство.

Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения биогенными веществами (Y_n , руб/год) равна разности между расчетными величинами возможного ущерба (Y_B , руб/год), который имеет место или имел бы место в случае отказа от водоохраных мероприятий, и остаточным ущербом Y_O после их проведения:

$$Y_n = Y_B - Y_O, \quad (9.2)$$

возможный ущерб в соответствии с (9.2) следует определять по формуле:

$$Y_B = 400 \cdot 10^3 \cdot \sigma_K \cdot M_B, \quad (9.3)$$

где $400 \cdot 10^3$ – множитель, руб/усл. т; σ_K – константа для различных водохозяйственных участков (безразмерная); значение σ_K колеблется в пределах 1...1,75; M_B – приведенная масса возможного годового сброса биогенных веществ от рассматриваемого источника в k -й водохозяйственный участок, усл. т/год.

Значение величины M_B , усл. т/год определяется как произведение показателя относительной опасности сброса i -го биогенного вещества (A_i) на годовую массу его, которая попала бы в водоем (m_{Bi}) в результате отказа от проведения водоохраных мероприятий, т. е.

$$M_B = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_{Bi} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\text{ПДК}_{p/xi}} m_{Bi}, \quad (9.4)$$

где n – общее число биогенных веществ на данном источнике загрязнения; A_i – показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоем, усл. т/т; m_{Bi} – общая масса возможного (имеющегося) годового сброса i -го биогенного вещества, т/год; $\text{ПДК}_{p/xi}$ – предельно допустимая концентрация i -го

биогенного вещества в водоеме рыбохозяйственного назначения, мг/д³ (таблица 9.1).

Остаточный (наносимый) ущерб (Y_O , руб) можно определить аналогично возможному ущербу по формуле:

$$Y_O = 400 \cdot 10^3 \cdot \sigma_K \sum_{i=1}^n \frac{1}{\text{ПДК}_{p/xi}} \cdot m_{oi}, \quad (9.5)$$

где m_{oi} – общая масса годового сброса i -го вещества от рассматриваемого источника, т/год.

Примечание. При отсутствии утвержденного значения $\text{ПДК}_{p/xi}$ можно использовать значение ПДК i -го биогенного вещества в воде водохозяйственных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В случае отсутствия утвержденных значений $\text{ПДК}_{p/x}$ и $\text{ПДК}_{x/n}$ в формулах 9.4 и 9.5 вместо величины выражения $\frac{1}{\text{ПДК}_{p/x}}$ можно

принять $5 \cdot 10^4$ усл. т.

В таблице 9.1 приведены ПДК в водных объектах.

Таблица 9.1. Рыбохозяйственные нормативы биогенных элементов

Биогенные элементы	Нормативы, мг/дм ³
Азот нитратов	0,02
Азот нитритов	9,10
Фосфор	0,10
Калий	50,00

Годовой прирост дохода от проведения водоохраных мероприятий на площадных источниках загрязнения (D_r , руб) находится как разность между величинами возможных потерь в случае отказа от этих мероприятий (Π_B) и фактических (остаточных) потерь после их проведения (Π_ϕ), т. е.

$$D_r = \Pi_B - \Pi_\phi. \quad (9.6)$$

Величина возможных потерь (Π_B , руб) складывается из стоимости потерянных (смытых) биогенных веществ, затрат на их внесение и величины недополученного урожая. Годовой объем возможных потерь реком ендуется определять по формуле:

$$\Pi_B = \sum_{i=1}^n (C_i + C_{\phi i} + \Delta Y_{yp.i}) \cdot m_{oi}, \quad (9.7)$$

где C_i – стоимость i -го биогенного вещества, руб/т; 102; 12; 500 тыс руб/т соответственно N, P₂O₅, K₂O; $C_{\phi i}$ – стоимость затрат на внесение i -го

биогенного вещества, руб/т; $C_{би}$ = 1182 руб за 1 т НРК; $\Delta Y_{ур,i}$ – стоимость прибавки урожая, приходящейся на 1 т i -го биогенного вещества, руб/т; $\Delta Y_{ур,i}$ = 631000; $\Delta Y_{ур,i}$ = 61310³; $m_{би}$ – общая масса возможного годового сброса i -го биогенного вещества, т/год.

Фактические потери после проведения водоохранных мероприятий ($\Pi_{ф}$, руб) можно определить аналогично возможным потерям:

$$\Pi_{ф} = \sum_{i=1}^n (C_i + C_{би} + \Delta Y_{ур,i}) \cdot m_{би}, \quad (9.8)$$

где $m_{би}$ – общая остаточная (фактическая) масса годового сброса i -го биогенного вещества.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность затрат на предотвращение загрязнения водоемов биогенными веществами определяется как отношение годового экономического результата к вызвавшим его водоохранным затратам. Этот вид эффективности необходим при обосновании структуры и объема проводимых водоохранных мероприятий. На стадии планирования капитальных вложений, когда затраты на мероприятия лимитированы, можно использовать показатель общей абсолютной эффективности водоохранных мероприятий для выбора направлений и определения очередности их проведения. Для экономических расходов можно использовать два показателя общей (абсолютной) экономической эффективности: показатель общей экономической эффективности затрат на проведение водоохранных мероприятий (\mathcal{E}_3) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{P}{3} = \frac{P}{И + E_H K}, \quad (9.10)$$

где 3 – приведенные затраты на водоохранные мероприятия, руб/год; $И$ – годовые эксплуатационные издержки на обслуживание и содержание основных фондов водоохранных мероприятий, руб/год; K – капитальные вложения в создание этих фондов, руб; E_H – нормативный коэффициент капитальных вложений водоохранного назначения ($E_H = 0,12$).

Показатель общей экономической эффективности капитальных вложений в водоохранные мероприятия (\mathcal{E}_K) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_K = \frac{P - И}{K}, \quad (9.11)$$

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

9.2. Пример расчета

Вынос биогенных веществ в водный объект составляет: азот нитратов – 0,175 т; фосфор – 0,06 т; калий – 0,22 т.

$K=2,8$ млн руб; $I=4,5$ млн руб; эффективность (КПД) очистки – 80%.

Определить экономическую эффективность капитальных вложений в водоохранные мероприятия.

1. Определяем показатель относительной опасности сброса биогенных веществ:

$$A_N \frac{1}{0,02} = 50, \quad A_{P_2O_5} = \frac{1}{0,1} = 10, \quad A_{K_2O} = \frac{1}{50} = 0,02.$$

2. Определяем приведенную массу возможного годового сброса биогенных веществ (без проведения природоохранных мероприятий):

$$M_B = 0,175 \cdot 50 + 0,06 \cdot 10 + 0,22 \cdot 0,02 = 9,4 \text{ усл. т/год.}$$

3. Определяем величину ущерба без проведения водоохранных мероприятий:

$$Y_B = 400 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 9,4 = 5,640 \text{ млн руб/год.}$$

4. Определяем величину остаточного ущерба:

$$Y_O = (9,4 - \frac{9,4}{100} \cdot 80) \cdot 400 \cdot 10^3 = 0,752 \text{ млн руб/год.}$$

5. Определяем величину предотвращенного экономического ущерба:

$$Y_{II} = 5,64 - 0,752 = 4,888 \text{ млн руб/год.}$$

6. Определяем величину потерь без проведения водоохранных мероприятий:

$$P_B = (102 + 1,182 + 631) \cdot 0,175 + (12 + 1,182 + 631) \cdot 0,06 + \\ + (500 + 1,182 + 631) \cdot 0,22 = 0,5 \text{ млн руб / год.}$$

7. Определяем фактические потери после проведения водоохранных мероприятий:

$$P_\Phi = (102 + 1,182 + 631) \cdot 0,035 + (12 + 1,182 + 631) \cdot 0,012 + \\ + (500 + 1,182 + 631) \cdot 0,044 = 0,1 \text{ млн руб / год.}$$

8. Определяем годовой доход в результате проведения водоохранных мероприятий:

$$D_r = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ млн руб/год.}$$

9. Определяем экономический результат водоохранных мероприятий:

$$P = 4,888 + 0,4 = 5,288 \text{ млн руб/год.}$$

10. Определяем показатель общей экономической эффективности затрат на проведение водоохранных мероприятий:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{5,288}{4,5 + 0,12 \cdot 2,8} = 1,09.$$

11. Определяем показатель общей экономической эффективности капитальных вложений в водоохранные мероприятия:

$$\mathcal{E}_K = \frac{5,288 - 4,5}{2,8} = 0,28.$$

Сравниваем \mathcal{E}_K с E_H и делаем вывод: $\mathcal{E}_K > E_H$, т. е. капитальные вложения в водоохранные мероприятия эффективны. Срок окупаемости их составляет:

$$T = \frac{1}{E_H} = \frac{1}{0,28} = 3,6 \text{ года.}$$

9.3. Задание

Определить экономическую эффективность водоохранных мероприятий, используя данные таблицы 9.2.

Таблица 9.2. Исходные данные для выполнения задания

Варианты	Показатели					
	Вынос биогенов, т			КПД, %	К, млн руб	U, млн руб
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
1	0,150	0,04	0,200	80	1,8	4,0
2	0,175	0,06	0,210	85	1,9	4,5
3	0,200	0,08	0,220	90	2,0	5,0
4	0,225	0,09	0,230	95	2,2	6,0
5	0,250	0,100	0,240	80	2,4	5,8
6	0,100	0,03	0,150	90	3,0	4,0
7	0,125	0,04	0,160	95	3,5	4,9
8	0,150	0,05	0,170	75	1,6	3,2
9	0,180	0,06	0,180	80	2,4	4,6
10	0,200	0,07	0,190	85	2,6	5,0
11	0,210	0,08	0,200	90	2,8	5,2
12	0,220	0,09	0,210	90	2,8	5,2

9.4. Контрольные вопросы

1. Как определить величину предотвращенного ущерба?
2. Из каких величин складывается ущерб?

3. Как определить прирост дохода от водоохранных мероприятий?
4. Как определить общую экономическую эффективность затрат?
5. Как определить показатель общей экономической эффективности капитальных вложений в водоохранные мероприятия?

Рекомендуемая литература

1. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды.– М.: Экономика, 1986.
2. Методические указания по расчету поступления биогенных элементов в водоемы от рассредоточенных нагрузок и установлению водоохранных мероприятий.– М., 1988.

Учебное издание

Составители: Волчек Александр Александрович
Химин Павел Федорович
Усачева Людмила Никифоровна
Босак Виктор Николаевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к проведению лабораторных работ по дисциплине
«Основы сельскохозяйственной экологии и охраны природы»
для студентов специальности
740501 «Мелиорация и водное хозяйство»
(Часть 2. Охрана АПК)

Ответственный за выпуск Химин П.Ф.
Редактор Строкач Т.В.
Технический редактор Никитчик А.Д.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 10.06. 2002 г. Бумага «Чайка». Формат 60x84/16
Усл. п. л. 3,25. Уч. изд. л. 3,5. Тираж 120 экз. Заказ № 547 Отпечатано
на ризографе Учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267