Лабораторная работа № 1

Оценка качества воды

Теория по теме лабораторной работы:

Максимова, Т.А. Экология гидросферы: учебник для вузов / Т.А. Максимова, И.В. Мишаков. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 136 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-13017-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://www.urait.ru/viewer/ekologiya-gidrosfery-567136#page/1

Изучите главу 6, пройдите тест в конце главы.

Ход работы:

1. Изучите теоретический материал.
2. Ответьте письменно на вопросы.
3. Определите класс загрязненности воды природного водного объекта по исходным данным.
4. Пройдите тест, при прохождении теста допускается использование тетради с лабораторными работами и лекциями.

Оформление работы:

Лабораторная работа № 1
Оценка качества воды

Бригада №___ Дата _____,
ФИО _____,

Цель работы: (*что планируется изучить, рассчитать, определить, оценить*)

Ответы на вопросы:
1. _____
2. _____
3. _____

ЗАДАНИЕ
Исходные данные:
_____
_____

Решение:
_____
_____
_____

Выводы:
_____
_____

1. Теоретический материал

Нормирование качества окружающей среды

Нормирование качества окружающей среды – установление показателей и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы и т. д.).

Цель нормирования – установление предельно допустимых норм (экологических нормативов) воздействия человека на окружающую среду. Соблюдение экологических нормативов должно обеспечить экологическую безопасность населения, сохранение генетического фонда человека, растений и животных, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов.

Основные экологические нормативы качества окружающей среды и воздействия на нее:

- предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ;
- предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей.

Предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК) – количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих). ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

При нормировании качества воды используют такие показатели, как ПДК вредных веществ для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов. Также нормируют запах, вкус, цветность, мутность, температуру, жесткость, коли-индекс и др.

Предельно допустимая концентрация» воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ($ПДК_в$) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей ($ПДК_{вр}$) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Понятие качества воды включает в себя совокупность показателей состава и свойств воды, определяющих пригодность ее для конкретных видов водопользования и водопотребления. Требования к качеству воды регламентируются.

По характеру водопользования водные объекты подразделяются на категории:

1 – хозяйственно-питьевого назначения;

2 – культурно-бытового назначения;

3 – рыбохозяйственного назначения.

Качество воды в водных объектах первой и второй категорий водопользования должно быть в контрольных створах соответствовать санитарно-гигиеническим нормативам (ПДК), определенным санитарными нормами и правилами.

В водных объектах рыбохозяйственного назначения качество воды должно соответствовать нормативам (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов.

Для наиболее распространенных загрязняющих веществ (ЗВ) нормативы ПДК даны в приложениях 1.2, 1.3.

Общим требованием к качеству воды водных объектов любой категории является непревышение фактически наблюдаемого содержания загрязняющих веществ (ЗВ) над величиной ПДК, т.е. соблюдение неравенства:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i$$

где C_i – средняя за год концентрация, *мг/л*; $\text{ПДК}_{i.}$ – соответствующая предельно-допустимая концентрация ЗВ, *мг/л (мг/дм^3)*.

Для случая загрязнения воды несколькими ЗВ используется комплексная оценка качества воды в природных водоемах, основанная на расчетах комплексных индексов, так называемых индексов загрязненности воды (ИЗВ).

ИЗВ – это формализованный показатель загрязненности воды, обобщающий более широкую группу натуральных показателей, и используемый для оценки качества воды водных объектов. В отличии оценки по ПДК, оценка по ИЗВ позволяет произвести сравнение качества различных водных объектов между собой.

Также оценку качества воды и сравнение современного состояния водного объекта с установленными в прошлые годы характеристиками проводят на основании индекса загрязнения воды по гидрохимическим показателям (ИЗВ). Этот индекс, представляющий собой формальную характеристику, рассчитывают усреднением как минимум пяти индивидуальных показателей качества воды. Обязательны для учета следующие показатели: концентрация растворенного кислорода, водородный показатель pH и биологическое потребление кислорода БПК.

В гидрохимической практике используется метод оценки качества воды, разработанный в Гидрохимическом институте. Метод позволяет производить однозначную оценку качества воды, основанную на сочетании уровня загрязнения воды по совокупности находящихся в ней ЗВ и частоты их обнаружения.

Суть метода заключается в следующем: для каждого ЗВ на основе фактических концентраций рассчитывают баллы кратности превышения ПДК (K_i) и повторяемости случаев превышения (H_i), а также общий оценочный балл (B_i).

$$K_I = \frac{c_i}{\text{ПДК}_i}; \qquad H_i = \frac{N_{\text{ПДК}_i}}{N_i}; \qquad B_i = K_i \cdot H_i; \qquad \text{ИЗВ} = \sum B_i$$

где C_i – концентрация в воде i-го ЗВ, *мг/л (мг/дм^3)*; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i-го ЗВ, *мг/л (мг/дм^3)*; $N_{\text{ПДК}_i}$ – число случаев превышения ПДК; N – общее число анализов.

Загрязняющие вещества, для которых величина общего оценочного балла больше или равна 11, определяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ).

Комбинаторный индекс загрязненности воды (ИЗВ) рассчитывается как сумма общих оценочных баллов (B_i) всех учитываемых ЗВ.

Комбинаторный индекс загрязнения воды (КИЗВ) рассчитывают как сумму общих оценочных баллов всех учитываемых загрязняющих веществ. По величине комбинаторного индекса загрязнения устанавливают класс загрязнения воды.

По величине комбинаторного индекса устанавливается класс загрязненности воды (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Классификация загрязненности воды водных объектов

Величина комбинаторного индекса загрязненности воды	Класс загрязненности воды				
	1	2	3	4	5
	условно чистая	слабозагрязненная	загрязненная	грязная	очень грязная
При отсутствии ЛПЗ	<1	1-2	2,1-4	4,1-10	>10
1 ЛПЗ	<0,9	0,9-1,8	1,9-3,6	3,7-9,0	>9,0

2 ЛПЗ	<0,8	0,8-1,6	1,7-3,2	3,3-8,0	>8,0
3 ЛПЗ	<0,7	0,7-1,4	1,5-2,8	2,9-7,0	>7,0
4 ЛПЗ	<0,6	0,6-1,2	1,3-2,4	2,5-6,0	>6,0
5 ЛПЗ	0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	>5,0

2. Контрольные вопросы:

1) В чём заключается нормирование качества окружающей среды?
2) Для чего нужно нормирование качества окружающей среды?
3) Что такое ПДК? В каких единицах измеряется?
4) Что такое ПДУ?
5) Что такое ИЗВ?
6) Какие показатели обязательны при оценке качества воды?
7) Что такое БПК?
8) Что такое ЛПЗ?
9) Рассчитайте ПДК вещества по данным из таблицы 1.2 в соответствии с вариантом, результаты оформите в виде таблицы (результат округляется до тысячных):

Таблица 1.2

Данные для расчёта ПДК вещества

Вариант	Масса вещества		Количество воды		ПДК	Вариант	Масса вещества		Количество воды		ПДК
1	1,000	кг	5200,0	л		7	0,600	кг	7000	л	
	2,000	г	10,0	л			1,500	г	15	л	
	2,900	г	10500,0	мл			3,000	г	15000	мл	
	0,400	мг	1200,0	мл			0,600	мг	2000	мл	
	0,300	мг	1,5	л			0,700	мг	2,1	л	
2	0,100	г	0,9	л		8	0,200	г	0,8	л	
	40,000	мг	9,0	л			45,000	мг	11,5	л	
	0,001	г	1500,0	мл			0,015	г	2000,0	мл	
	0,400	мг	750,0	мл			0,040	мг	650,0	мл	
	0,250	кг	7500,0	л			0,350	кг	8500,0	л	
3	15,000	мг	11,0	л		9	13,000	мг	11,3	л	
	5,000	г	75200,0	мл			5,600	г	79600,0	мл	
	0,310	кг	6440,0	л			0,350	кг	11400,0	л	
	0,100	мг	35,2	мл			0,170	мг	39,6	мл	
	0,040	г	93,4	л			0,044	г	90,4	л	
4	1,500	мг	16,0	л		10	0,580	мг	15,6	л	
	0,085	кг	10499,0	л			0,061	кг	11783,0	л	
	0,030	г	1499,0	л			0,034	г	1943,0	л	
	0,970	г	3570,0	мл			0,930	г	4458,0	мл	
	0,020	мг	159,0	мл			0,015	мг	128,0	мл	
5	0,159	г	1238,0	мл		11	0,138	г	1294,0	мл	
	5,600	г	519,0	л			5,180	г	609,0	л	
	7,500	мг	879,0	мл			4,880	мг	931,0	мл	
	0,121	кг	1110,0	л			0,120	кг	1394,0	л	
	1,800	мг	1,2	л			0,490	мг	1,6	л	
6	0,500	кг	6300,0	л		12	0,700	кг	8500,0	л	
	2,200	г	200,0	л			1,600	г	175,0	л	
	3,100	г	45000,0	мл			2,800	г	43000,0	мл	
	1,000	мг	3600,0	мл			0,800	мг	2450,0	мл	
	0,800	мг	2,2	л			0,400	мг	1,6	л	

3. Определить класс загрязненности воды в природном водном объекте. Исходные данные в Таблице 1.3 ПДК для водных объектов различного назначения в Таблицах 1.4, 1.5.

Пример

Определить класс загрязненности воды природного водного объекта, относящегося к рыбохозяйственной категории водопользования. Общее число контрольных проб (N) – 20. Средняя концентрация загрязняющих веществ и число случаев превышения ПДК составляет для:

$БПК_n$ – 12,1 *мг/л*; $N_{ПДК}$ – 8; СПАВ - 6,3 *мг/л*, $N_{ПДК}$ – 9; фенол - 0,01 *мг/л*, $N_{ПДК}$ – 10; нитраты (NO_3) – 160 *мг/л*, $N_{ПДК}$ – 12; нитриты (NO_2) – 1,2 *мг/л*, $N_{ПДК}$ – 20; фосфаты - 2,1 *мг/л*, $N_{ПДК}$ – 6; сульфаты – 890 *мг/л*, $N_{ПДК}$ – 20; хлориды – 2100 *мг/л*, $N_{ПДК}$ - 15.

Решение

1) Для каждого ЗВ определяем баллы кратности (K_i) превышения фактической средней концентрации к ПДК, число повторяемых случаев превышения (H_i) и общий оценочный балл (B_i):

ЗВ	**Баллы кратности**	**Повторяемость**	**Общий оценочный балл**
БПК	$K = \frac{12,1}{3,0} = 4,0$	$H = \frac{8}{20} = 0,4$	$B = 4 \cdot 0,4 = 1,6$
СПАВ	$K = \frac{6,3}{0,5} = 12,6$	$H = \frac{9}{20} = 0,45$	$B = 12,6 \cdot 0,45 = 5,7$
Фенол	$K = \frac{0,01}{0,001} = 10$	$H = \frac{10}{20} = 0,5$	$B = 10 \cdot 0,5 = 5,0$
Нитраты	$K = \frac{160}{40} = 4,0$	$H = \frac{12}{20} = 0,6$	$B = 4 \cdot 0,6 = 2,4$
Нитриты	$K = \frac{1,2}{0,08} = 15$	$H = \frac{20}{20} = 1,0$	$B = 15 \cdot 1 = 15$
Фосфаты	$K = \frac{2,1}{0,2} = 10,5$	$H = \frac{6}{20} = 0,3$	$B = 10,5 \cdot 0,3 = 3,15$
Сульфаты	$K = \frac{890}{100} = 8,9$	$H = \frac{20}{20} = 1,0$	$B = 8,9 \cdot 1 = 8,9$
Хлориды	$K = \frac{2100}{300} = 7,0$	$H = \frac{15}{20} = 0,75$	$B = 7 \cdot 0,75 = 5,25$

2) Определяем, какие ЗВ относятся к лимитирующим показателям загрязненности (ЛПЗ), т. е. вещества, для которых В≥11. К таким ЗВ относятся нитриты (В=15), т.е. в качестве ЛПЗ выступает одно вещество.

3) Для остальных ЗВ находим сумму оценочных баллов, т. е. определяем комбинаторный индекс загрязненности воды (ИЗВ):

ИЗВ = 1,6 + 5,7 + 5,0 + 2,4 + 3,2 + 8,9 + 5,25 = 32,05

4) По таблице 1.1 определяем класс загрязненности воды, с учетом ИЗВ = 32,05 и одного вещества, относящегося к ЛПВ.

Таблица 1.3

Варианты

Экспериментальные данные концентраций загрязняющих веществ в населённых пунктах

№ вар	Наименование ЗВ	$C_ф$, *мг/л*	$N_{пдк}$	N	Категория водного объекта	№ вар	Наименование ЗВ	$C_ф$, *мг/л*	$N_{пдк}$	N	Категория водного объекта
1	БПК	1,2	2	10	к/б	9	Медь	9,8	13	20	к/б
	нефтепродукты	2,1	6	10			Цинк	7,8	11	15	
	фенол	0,005	3	10			Нефть	5,1	8	15	
	Хлориды	520	8	10			БПК	1,6	3	10	
	Цинк	0,08	10	20			нитраты	105	5	10	
	Фтор	1,2	10	15			Кадмий	0,015	2	10	
2	БПК	1,2	2	10	р/х	10	Железо	0,12	3	10	р/х
	нефтепродукты	1,5	6	10			Фторид анион	0,07	5	10	
	фенол	0,005	3	10			Фосфаты	0,28	2	10	
	Хром (Cr+3)	0,11	3	20			БПК	10,3	10	20	
	Хром (Cr^{+6})	0,155	5	15			Бром	0,84	5	15	
	Железо	1,9	2	15			Сульфаты	250	8	15	
3	нитраты	90	15	20	к/б	11	Хром (Cr^{+6})	0,15	8	10	к/б
	нитриты	18,3	7	10			Кадмий	0,013	9	15	
	СПАВ	1,5	15	20			Свинец	0,13	4	10	
	БПК	7,65	10	15			БПК	13,4	10	15	
	Хлориды	650	10	15			нитраты	57	10	15	
	Кадмий	0,011	8	20			нефтепродукты	3	8	20	
4	алюминий	2,5	7	15	р/х	12	Сульфаты	168	5	20	р/х
	нитраты (NO_3)	120	3	15			Хлориды	430	10	20	
	нитриты (NO_2)	1,2	5	15			Фосфаты	0,35	2	20	
	БПК	0,87	8	20			БПК	1,36	3	10	
	Сульфаты	342	10	15			Цинк	3,5	5	10	
	нефтепродукты	0,9	10	15			Фтор	0,9	2	10	
5	СПАВ	1,5	10	10	к/б	13	СПАВ	1,23	10	10	к/б
	Фенол	0,1	15	20			Фенол	0,017	10	10	
	Полифосфаты	12,5	5	10			Хлориды	490	8	10	
	БПК	2,5	10	15			БПК	4,1	8	10	
	Хром (Cr^{+6})	0,165	5	15			Бром	0,15	10	20	
	Фтор	2,5	8	20			нефтепродукты	1,8	10	15	
6	СПАВ	0,45	10	10	р/х	14	Железо	0,12	3	10	р/х
	Фенол	0,018	8	10			нитриты	0,07	7	5	
	Фосфаты	2,6	9	10			СПАВ	0,28	5	15	
	БПК	1,4	3	20			БПК	3	5	15	
	Никель	0,45	5	15			Хлориды	700	8	15	
	Железо	0,28	2	15			Бром	0,17	10	20	
7	Хлориды	780	9	15	к/б	15	БПК	37	4	10	к/б
	Сульфаты	1800	8	15			Фтор	0,09	7	10	
	БПК	35	5	15			Фосфаты	0,36	2	10	
	Бром	0,18	10	10			Бром	0,19	10	10	
	Цинк	6,3	10	10			Хром (Cr^{+6})	0,18	5	20	
	нитриты	0,07	8	10			Железо	0,2	8	15	
8	Хлориды	760	5	20	р/х	16	Кадмий	0,015	7	10	к/б
	Сульфаты	180	5	20			Свинец	0,018	5	15	
	БПК	3,5	2	20			Никель	0,23	8	10	
	нефтепродукты	2,2	8	20			БПК	1,36	10	10	
	Никель	0,09	10	15			нитраты	99	10	10	
	нитриты	1,03	10	15			нефтепродукты	0,75	8	10	
	Фенол	0,01	5	15			нефтепродукты	2,5	6	10	
	БПК	8,2	10	15			фенол	0,005	3	10	
	Бром	0,2	8	20			Бром	0,14	3	20	
	Цинк	6,2	10	15			Хром (Cr^{+6})	0,15	4	15	
	СПАВ	1,24	10	15			Железо	1,8	2	15	

Таблица 1.4

Перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

№	Вещество	ПДК (*мг/л*)	Класс опасности	№	Вещество	ПДК (*мг/л*)	Класс опасности
1	Алюминий	0,5	2	16	Полифосфаты	3,5	3
2	Аммиак	2,0	3	17	Ртуть	0,0005	1
3	Аммония сульфат	1,0	3	18	Свинец	0,03	2
4	Бром	0,2	2	19	Сульфаты	500	4
5	Железо	0,3	3	20	Сульфиды	отсут.	3
6	Кадмий	0,001	2	21	Фенол	0,001	1
7	Кальций фосфат	3,5	4	22	Хром (Cr^{+3})	0,5	3
8	Кобальт	0,1	2	23	Хром (Cr^{+6})	0,05	3
9	Медь	1,0	3	24	Цианид	0,035	2
10	Натрий	200,0	2	25	Цинк	1,0	3
11	Нефтепродукты	0,3	4	26	Хлориды	350	4
12	Нитраты	45	3	27	Фтор	1,2	2
13	Нитриты	3,3	2	28	БПК	6,0	-
14	Никель	0,1	3	29	Мышьяк	0,05	2
15	СПАВ	0,1	4				

Таблица 1.5

Перечень предельно допустимых концентраций вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов

№	Вещество	ПДК (*мг/л*)	Класс опасности	№	Вещество	ПДК (*мг/л*)	Класс опасности
1	Алюминий	0,04	4	15	Сульфаты	100	4
2	Аммоний	0,5	4	16	Сульфиты	1,9	3
3	Аммиак	0,05	4	17	Фенол	0,001	3
4	Железо	0,1	4	18	Фторид	0,05	3
5	Кадмий	0,005	2	19	Нитраты	40	3
6	Калий	50	2	20	Нитриты	0,08	2
7	Кальций	180	4	21	Хлорид	300	4
8	Медь	0,001	3	22	Хром (Cr^{+3})	0,07	3
9	Натрий	120	2	23	Хром (Cr^{+6})	0,02	3
10	Нефтепродукты	0,05	3	24	Цианид	0,05	3
11	Никель	0,01	3	25	Цинк	0,01	3
12	СПАВ	0,5	4	26	Фосфаты	0,2	3
13	Ртуть	отсутств.	1	27	БПК	3,0	-
14	Свинец	0,1	2	28	мышьяк	0,05	3

4. Тест по лабораторной работе: https://onlinetestpad.com/35vf25bpz5jgq

