

## **Практическая работа № 9. Расчет степени загрязнения водоема в результате сброса сточных вод и влияющих на нее параметров состояния окружающей среды**

**Цель работы:** ознакомление студентов с источниками загрязнения водных ресурсов, методами расчетов некоторых критериев, определяющих качество вод в водоемах.

### ***Понятие о загрязнении водных ресурсов***

*Загрязнение воды* – изменения химического и физического состояния или биологических характеристик воды, ограничивающие дальнейшее ее употребление. При всех типах водопользования меняются либо физическое состояние (например, при нагревании), либо химический состав воды – при поступлении загрязняющих веществ, которые делятся на две основные группы: со временем изменяющиеся в водной среде и остающиеся в ней неизменными.

К первой группе относятся органические компоненты бытовых стоков и большая часть промышленных, например отходы целлюлозно-бумажных предприятий. Вторую группу составляют многие неорганические соли, например сульфат натрия, который используется как краситель в текстильной промышленности, и неактивные органические вещества типа пестицидов.

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

### **Классификация загрязнителей вод**

Загрязнение вод может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным). *Естественное загрязнение* вод вызвано природными процессами. Например, загрязнение вод в результате извержения вулканов, водной и ветровой эрозии, абразии (разрушения) берегов, засоление пресных вод солеными и т. д. *Антропогенное загрязнение* связано с поступлением загрязняющих веществ в гидросферу в результате деятельности человека.

*Химическое загрязнение* – загрязнение вод неорганическими и органическими веществами. Из органических загрязнителей наиболее распространены нефть и нефтепродукты, СПАВ, фенолы, пестициды и др. Из неорганических – кислоты, щелочи, тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк и др.).

Химическое загрязнение наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся загрязнение гидросферы. При осаждении на дно водоемов или при фильтрации в грунтовые воды вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.д. Однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит.

**Биологическое загрязнение** – загрязнение вод патогенными микроорганизмами, бактериями, вирусами, простейшими, грибами, мелкими водорослями и др.

**Радиоактивное загрязнение** – загрязнение вод радионуклидами. Оно опасно даже при очень малых концентрациях радиоактивных веществ, особенно «долгоживущих» и подвижных в воде радиоактивных элементов (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радионуклиды попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании радиоактивных отходов, захоронении их на дне и др., в подземные воды – в результате просачивания вглубь земли вместе с атмосферными водами или в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

**Механическое загрязнение** – загрязнение вод механическими примесями – твердыми частицами (песок, ил, шлам и др.). Свойственно в основном поверхностным водам. При этом наиболее значительно ухудшаются органолептические показатели воды.

**Тепловое загрязнение** – это повышение температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами (тепловых и атомных электростанций). При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава вод, что ведет к размножению анаэробных бактерий и выделению ядовитых газов – сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды вследствие ускоренного развития фитопланктона.

Основной причиной современной деградации природных вод Земли является **техногенное загрязнение**. Главными источниками техногенного загрязнения служат:

- 1) сточные воды промышленных предприятий;
- 2) сточные воды коммунального хозяйства городов;
- 3) стоки систем орошения, поверхностные стоки с полей и других сельскохозяйственных объектов;
- 4) стоки от транспортных артерий по которым или посредством которых происходит перенос загрязняющих веществ по территории (автомагистраль, загрязненный водосток, трубопровод какого-то продукта, транспортное средство и т. п.);
- 5) атмосферные выпадения загрязнителей на поверхность водоемов и водосборных бассейнов.

Наиболее распространено *химическое и биологическое загрязнения*, в меньшей степени радиоактивное, механическое и тепловое.

### ***Способы оценки качества воды***

Оценить уровень загрязнения водных ресурсов города, значит сравнить его с критериями качества вод. По действующему экологическому законодательству, в РФ степень загрязнения определяется путем сравнения средних и максимальных значений концентрации со стандартами качества водоемов и водотоков – предельно допустимой концентрации (*ПДК*) загрязняющих веществ в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей.

***Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ( $ПДК_в$ )*** – это концентрация вредного вещества в воде (мг/л), 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 рыбохозяйственного пользования ( $ПДК_{рп}$ )*** – это концентрация вредного вещества в воде (мг/л), которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов или их участков в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для снабжения предприятий пищевой промышленности.

К культурно-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения.

Рыбохозяйственные водные объекты могут относиться к одной из трех категорий:

- к высшей категории относят места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

- к первой категории относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

- ко второй категории относят водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Существует несколько направлений и способов оценки качества воды в зависимости от вида водопользования.

**Первый способ (метод).** При оценке действия веществ на водоемы и водотоки используется понятие *кратности превышения ПДК (уровня загрязнения)*. Кратность превышения ПДК - это отношение фактической концентрации химического вещества в воде водоёма  $C_{вi}$  (мг/дм<sup>3</sup>) к величине, соответствующий ПДК<sub>в,и</sub> и ПДК<sub>вр,и</sub>, (мг/дм<sup>3</sup>) и определяется по формуле:

$$X_{вi} = \frac{C_{вi}}{ПДК_{в,и}} \quad \text{или} \quad X_{врi} = \frac{C_{врi}}{ПДК_{врi}}, \quad (1)$$

где  $X_{вi}$ ,  $X_{врi}$  – кратность превышения ПДК  $i$  – го загрязняющего вещества (ЗВ)  $d$ ;

$C_{вi}$ ,  $C_{врi}$  – фактическая концентрация  $i$  – го ЗВ соответственно в воде водоема хозяйственно-питьевого и в воде водоема, используемого для рыбохозяйственного пользования;

$ПДК_{в,и}$  – предельно допустимая концентрация  $i$  – го ЗВ в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;

$ПДК_{врi}$  – предельно допустимая концентрация  $i$  – го ЗВ в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей.

**Второй способ (метод).** Наиболее широко применяется *гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)*, который используется при проведении экологического мониторинга поверхностных вод, для сравнения экологического состояния водных объектов, а также с целью оценки изменчивости качества вод в реальном масштабе времени.

Индекс загрязнения воды (ИЗВ), как правило, рассчитывают по шести-семи показателям, которые можно считать гидрохимическими. При расчете ИЗВ по шести ингредиентам в качестве обязательных показателей рассматриваются биохимическое поглощение кислорода за 5 сут (БПК<sub>5</sub>) и содержание растворенного кислорода (РК), при расчете по семи ингредиентам - концентрация растворенного кислорода, водородный показатель рН, биологическое потребление кислорода БПК<sub>5</sub>. Кроме того, в расчет включаются четыре гидропolutанта с максимальными значениями нормированных показателей.

Вычисление ИЗВ по шести ингредиентам проводится по соотношению:

$$ИЗВ_6 = \frac{\sum_{i=1}^{n=6} \frac{q_{vi}}{ПДК_{vi}}}{6}, \quad (2)$$

где  $q_{vi}$  – фактическая концентрация  $i$ -го вещества в воде соответствующего (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового) назначения, мг/л или мг/дм<sup>3</sup>;

$ПДК_{vi}$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в воде соответствующего назначения, мг/л;

6 – количество гидроплютантов с наибольшими показателями кратности превышения ПДК в водоеме хозяйственно-питьевому и рыбохозяйственному назначения, соответственно.

В результате вычисления по формуле средней нормированной величины по шести ингредиентам получаем индекс загрязнения воды, который в зависимости от численного значения соответствует одному из семи классов качества воды (табл. 1). Для пресных и морских вод численные градации индекса различаются.

Таблица 1 - **Классификация загрязнения пресных и морских вод по ИЗВ**

Класс загрязнения	Характеристика загрязнения воды	Значение ИЗВ	
		пресные воды	морские воды
I	Очень чистая вода	<0,3	<0,25
II	Чистая вода	0,3—1,0	0,25—0,74
III	Умеренно загрязненная вода	1,0—2,5	0,75—1,24
IV	Загрязненная вода	2,5 – 4,0	1,25—1,74
V	Грязная вода	4,0—6,0	1,75—3,0
VI	Очень грязная вода	6,0—10,0	3,1—6,0
VII	Чрезвычайно грязная вода	>10,0	>6,0

**Третий способ (метод).** Широко применяется также *гидробиологический индекс сапробности S*, который наравне с *ИЗВ* используется при проведении экологического мониторинга поверхностных вод, для сравнения экологического состояния водных

объектов, а также с целью оценки изменчивости качества вод в реальном масштабе времени.

*Индекс сапробности водных объектов* рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N S_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^N h_i}, \quad (3)$$

где  $S_i$  – значение сапробности гидробионта, которое задается специальными таблицами;

$h_i$  – относительная встречаемость индикаторных организмов (в поле зрения микроскопа);

$N$  – число выбранных индикаторных организмов.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обуславливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержались не менее двенадцати индикаторных организмов с общим числом особей в поле наблюдения не менее тридцати.

**Таблица 2- Классы качества вод в зависимости от индексов сапробности**

Уровень загрязненности	Зоны	Индексы сапробности $S$	Классы качества вод
Очень чистые	ксеносапробная	до 0,50	1
Чистые	олигосапробная	0,50-1,50	2
Умеренно загрязненные	$\alpha$ -мезосапробная	1,51-2,50	3
Тяжело загрязненные	$\beta$ -мезосапробная	2,51-3,50	4
Очень тяжело загрязненные	полисапробная	3,51-4,00	5
Очень грязные	гиперсапробная	>4,00	6

В табл. 2 приведена классификация водных объектов по значению *индекса сапробности S*, которые также нормируются.

Индекс загрязнения воды и индекс сапробности следует отнести к интегральным характеристикам состояния.

К основным физико-химическим показателям, определяющим органолептические свойства воды, относят *привкус, запах, мутность, цветность, а также ПДК компонентов, которые ухудшают органолептические свойства воды.*

**Задание по определению степени загрязнения водоема для самостоятельного выполнения**

В модельной реке содержание загрязняющих веществ (летний период) представлено в табл. 3. Река относится к рыбохозяйственному водному объекту второй категории. Определите кратность превышения ПДК ( $X_{вpi}$ ) для каждого ЗВ по формуле 1. Выбрать 6 наибольших значений  $X_{вpi}$  и рассчитать ИЗВ<sub>6</sub> для реки (формула 2). Оценить уровень загрязненности реки в зависимости от ИЗВ<sub>6</sub> по табл. 1. Результаты расчетов свести в табл. 4.

Таблица 3 - Данные по содержанию загрязняющих веществ в модельной реке (летний период). Река относится к рыбохозяйственному водному объекту второй категории

№ варианта	Загрязняющее вещество	ПДК <sub>вр</sub> i, мг/дм <sup>3</sup>	Фактические концентрации $C_{ви}$ по вариантам, мг/дм <sup>3</sup>											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	БПК <sub>5</sub>	6	7,5	8,5	4,6	8,9	6	10	9,5	7,8	8,5	11,5	3,5	4,5
2	Растворенный кислород, РК	6	7,5	9,5	10,6	11,9	8	4	8,5	6,8	9,5	12,5	13,5	14,5
3	Взвешенные вещества	0,75	3,5	4,5	1,5	1,8	5,8	6,8	7,8	4,5	2,8	3,9	4,5	14,8
4	РН	7	4,2	3,3	4,5	2,9	2,5	5,5	6,6	6,1	5,5	4,8	6,0	7,0

5	Хром (Cr <sub>6</sub> <sup>+</sup> )	0,02	0,1 26	0, 09	0,1 2	0,5 2	0,1 6	1,5	2,3 5	0,5 6	1,8 5	2,6 5	1,8 6	2,2 0
6	Цинк	0,01	0, 14	0,1 5	0,1 8	1,1 0	0,1 5	0,0 8	0,0 9	0,1 5	0,2 1	0,5 6	0,6 6	1,5
7	Свинец	0,006	0,0 15	0,0 25	0,0 28	0,1 0	0,0 15	0,0 8	0,0 9	0,0 15	0,0 21	0,0 56	0,0 66	0,1 85
8	Нефтепро дукты	0,05	0, 5	0,8	0,9	1,8	2,4	2,8	4,2	3,5	5,1	2,2	0,8 8	0,6 6
9	Марганец Mn <sup>+</sup>	0,01	4,2	3,5	5,1	2,2	0,8 8	0,6 6	0, 5	0,8	0,9	1,8	2,4	2,8
10	Железо	0,5	7,8	4,5	2,8	3,9	4,5	14, 8	3,5	4,5	1,5	1,8	5,8	6,8
11	Кадмий	0,005	0,0 9	0,0 15	0,0 21	0,0 56	0,0 66	0,1 85	0,0 15	0,0 25	0,0 28	0,1 0	0,0 15	0,0 8
12	Медь	0,001	0,0 18	0,0 03	0,0 08	0,0 07	0,0 06	0,0 05	0,0 04	0,0 12	0,0 22	0,0 26	0,0 10	0,0 09
13	хлориды (по Cl)	300	450	800	255	650	780	798	456	126 6	145 6	245 6	780	58 0
14	сульфаты (по SO <sub>4</sub> )	100	256	866	456	356	780	580	450	800	255	550	280	39 8
15	Аммоний- ион	0,5	1,2	1,8	2,2	2,6	3,2	4,4	5,8	8,5	9,8	10, 1	6,2	7,4
16	Ртуть	до 0,0000 1	2·1 0 <sup>-5</sup>	отс т.	1,2· 10 <sup>-5</sup>			0,8· 10 <sup>-5</sup>		0,8· 10 <sup>-5</sup>				2· 10 <sup>-5</sup>
17	Вольфрам	0,05	1,4 8	0,3 5	0,4 5	0,1 5	0,1 8	0,5, 8	0,8 8	0,6 5	0,4 8	0,3 9	1,5	1,4 8

Таблица 4 - Сводная таблица по результатам расчетов

№ п/п	Примесь	$X_{vi}$	$ИЗВ_6$	Характеристика загрязнения реки
1	БПК <sub>5</sub>			



2	Растворенный кислород, РК			
3	Взвешенные вещества			
4	РН			
5	Хром ( $\text{Cr}_6^+$ )			
6	Цинк			
7	Свинец			
8	Нефтепродукты			
9	Марганец $\text{Mn}^+$			
10	Железо			
11	Кадмий			
12	Медь			
13	Хлориды (по Cl)			
14	Сульфаты (по $\text{SO}_4$ )			
15	Аммоний-ион			
16	Ртуть			
17	Вольфрам			