

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

«Экологические проблемы гидросферы».

### Задание 1. Определение степени смешения сточных вод в водоеме.

В естественных условиях в водоемах в результате физических, химических и биологических явлений происходит процесс уменьшения концентрации загрязняющих веществ поступающих в него со сточными водами, т.е. происходит процесс самоочищения. Самоочищающая способность зависит от индивидуальных особенностей водоема, а также от количества и токсичности загрязняющих веществ.

#### Условие задачи.

По данным гидрометеорологической службы среднемесячный расход воды в реке в расчетном створе равен  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). На участке реки от места выпуска сточных вод до расчетного створа средняя скорость течения равна  $V_{\text{ср}}$  ( $\text{м}/\text{с}$ ) при глубине  $H$  ( $\text{м}$ ). Извилистость русла на участке слабо выражена, т.е.  $\varphi = 1$ . Выпуск сточных вод с расходом  $q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) проектируется у берега, т.е.  $\zeta = 1$  (дзета). Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа (расчетным створом называют створ, расположенный на проточных водоемах на 1 км выше по течению от ближайшего пункта водопользования) по фарватеру составляет  $L$  ( $\text{км}$ ). Определить степень смешения сточных вод в водоеме у расчетного створа.

№	$Q$	$V_{\text{ср}}$	$H_{\text{ср}}$	$q$	$L$
1	30	0,64	1,2	0,6	3,5
2	45	0,32	1,6	0,8	4
3	32	0,54	1,8	0,4	2
4	40	0,62	2,1	0,5	3
5	28	0,32	1,1	0,2	1

**Анализ данных.** Для расчета разбавления в средних и больших реках наибольшее распространение получил метод Фролова-Родзиллера. Коэффициент смешения определяют по формуле:

$$a = \frac{1 - \exp(-\alpha^3 \sqrt{L})}{1 + (Q/q) \cdot \exp(-\alpha^3 \sqrt{L})}$$

где  $Q$  — расход воды (при 95 %-ной обеспеченности) в створе реки места выпуска сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $q$  — расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $L$  — длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа,  $\text{м}$ ;  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения.

Коэффициент  $\alpha$  вычисляют по формуле:

$$\alpha = \zeta \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}$$

где  $\zeta$  — коэффициент, учитывающий место расположения выпуска (для берегового выпуска  $\zeta=1$ , для руслового  $\zeta=1,5$ );  $\varphi$  — коэффициент извилистости русла, определяемый как отношение длины русла от выпуска до расчетного створа по фарватеру к расстоянию между этими сечениями по прямой ( $\varphi = L$ );  $E$  — коэффициент турбулентной диффузии, который находят по формуле:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200}$$

где  $V_{cp}$  — средняя скорость течения воды в реке на участке между выпуском и расчетным створом, м/с;  $H_{cp}$  — средняя глубина реки на том же участке, м.

Кратность разбавления в расчетном створе в проточных водоемах находят по формуле:

$$n = \frac{(aQ + q)}{q}$$

## Задание 2. Оценка загрязнения озера сточной водой промышленным предприятием.

Сточные воды – это пресные воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения. По происхождению сточные воды могут быть классифицированы на следующие: бытовые, производственные и атмосферные.

### Условие задачи.

На берегу озера расположено промышленное предприятие, использующее воду озера для технических нужд и затем сбрасывающее загрязненную воду в озеро. Рассчитайте общее загрязнение и сделать вывод о соответствии гигиеническим нормативам.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, сбрасываемых в озеро: мышьяк – 0,006 мг/л, ртуть - 0,005 мг/л, свинец - 0,05 мг/л.

№	Объем сброса сточной воды в ед. времени (л/сек)	Фактическое содержание вредных примесей в сточной воде (мг/л)		
		мышьяк	ртуть	свинец
1	20	0,22	0,095	0,71
2	9	0,23	0,59	2,10
3	15	0,09	0,44	0,53
4	30	0,04	0,03	0,42
5	10	0,91	0,37	5,10

Анализ данных.

Для вычисления фактического загрязнения воды в озере конкретным вредным веществом используйте формулу:

$$C_i = \frac{N_i}{V},$$

где,  $N_i$  - кол-во ВВ в озере,  $V$  - объем воды в озере (мг/л).

Общее загрязнение определяется по формуле:

$$C = \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} = \sum \frac{C_i}{ПДК_i}$$

где  $C_i$  - фактическое загрязнение воды вредного вещества (ВВ), ПДК<sub>i</sub> – ПДК этого ВВ. Если  $C > 1$ , то вода не соответствует гигиеническим нормативам.

### Задание 3. Расчет необходимой степени охлаждения сточных вод ТЭС.

Основными источниками теплового загрязнения водоемов являются объекты энергетики (ТЭС, АЭС). К настоящему времени абсолютные расходы охлаждающей воды на ТЭС достигли  $150 \text{ м}^3/\text{с}$ . Во избежание нарушения теплового режима запрещено повышение температуры водоемов более чем на  $5^\circ\text{C}$  зимой и  $3^\circ\text{C}$  летом.

#### Условие задачи.

ТЭС после охлаждения конденсаторных труб осуществляет сброс нагретой воды в водохранилище в летний период. Определить температуру сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды. Если известно, что максимальная температура воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время составляла  $25,5^\circ\text{C}$ .

№	Q	q	L
1	32	0,5	3
2	42	0,7	3
3	30	0,9	3
4	27	0,5	3
5	31	0,1	3

#### Анализ данных.

Расчет производится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет поступающих в водоем сточных вод по уравнению:

$$T_{cm} = \left( \frac{aQ}{q} + 1 \right) \cdot T_d + T_p,$$

где,  $T_{cm}$  - температура сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды;  $a$  – коэффициент смешения вод;  $Q$  — расход воды (при 95 %-ной обеспеченности) в створе реки места выпуска сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $q$  — расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $T_d$  – допустимое повышение температуры воды в водоеме;  $T_p$  - максимальная температура воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время.

Коэффициент смешения определяют по формуле:

$$a = \frac{1 - \exp(-\alpha^3 \sqrt{L})}{1 + (Q/q) \cdot \exp(-\alpha^3 \sqrt{L})}$$

$L$  — длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения (в нашем случае равен 0,55).

**Задание 4.** Расчет необходимой степени очистки сточных вод по взвешенным веществам.

В «Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» выделяют две категории водоемов: водоемы питьевого и культурно-бытового водопользования и водоемы, используемые в рыбохозяйственных целях. Водоемы питьевого и культурно-бытового водопользования делятся на два вида: первый — участки водоемов, используемые в качестве источника для централизованного и нецентрализованного питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности; второй — участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы, находящиеся в пределах населенных пунктов. В зависимости от категории и вида водоема предъявляются разные требования к качеству воды.

**Условие задачи.**

В реку с расходом  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) сбрасываются сточные воды с расходом  $q$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию,  $C$  ( $\text{мг}/\text{л}$ ). Участок водоема, в который сбрасываются очищенные сточные воды, относится ко 2 категории водоемов питьевого и культурно-бытового водопользования. Концентрация взвешенных веществ в реке до спуска сточных вод  $b$  ( $\text{г}/\text{м}^3$ ). Коэффициент смешения  $a = 0,75$ . Для данного участка водоема допустимое увеличение содержания взвешенных веществ  $P = 0,75 \text{ г}/\text{м}^3$ . Необходимо определить требуемую степень очистки сточных вод по взвешенным веществам сбрасываемых в водоем.

№	Q	q	C	b
1	15	0.3	200	5
2	20	0.2	230	7
3	18	0.4	160	2
4	22	0.3	210	4
5	12	0.2	110	3

**Анализ данных.**

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ  $m$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$ , в спускаемых в водоем сточных водах определяют по формуле:

$$m = P \left( a \frac{Q}{q} + 1 \right) + b$$

где  $P$  - допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $b$  - содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска в него сточных вод,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $Q$  - наименьший среднемесячный расход воды в водоеме 95 %-ной обеспеченности,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Степень необходимой очистки по взвешенным веществам может быть определена в %:

$$\mathcal{E} = (C - m)100 / C$$

где  $C$  — содержание взвешенных веществ до очистки,  $\text{мг}/\text{л}$ .