

Юрасов С.Н., к.т.н., Кузьмина В.А., ст.преподаватель
Одесский государственный экологический университет

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ПДС ГРУППЫ НЕКОНСЕРВАТИВНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ЭФФЕКТОМ СУММАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

В статье предлагается новая методика расчета ПДС группы неконсервативных загрязнителей с эффектом суммарного действия. Приведена последовательность выполнения расчетов, даны рекомендации по проверке их правильности, приведен пример. Методика позволяет рассчитать ПДС группы загрязнителей при любом наборе загрязнителей этой группы в фоне и в сточных водах, а также при любом соотношении значений их концентрации.

Ключевые слова: предельно допустимый сброс, неконсервативные загрязняющие вещества, эффект суммарного действия, сточные воды.

Введение. В работе [3] выполнен анализ действующей методики [1] по расчету ПДС загрязнителей с эффектом суммарного действия. В этой работе показано, что в упомянутом источнике формула для группы консервативных веществ отличается от формулы в источнике [2] лишь формой записи и обладает такими же недостатками. Кратко остановимся на них.

а) В методиках [1] и [2] заложен расчет параметра a_i для сточных вод по фактическим данным (долевого содержания вещества в общей массе веществ одной группы суммарного действия). Определение этого параметра несет в себе возможность существенной ошибки при наличии в сточных водах токсичных веществ, концентрация которых в десятки или сотни тысяч раз меньше, чем других веществ (однако при этом упомянутые токсичные вещества могут быть основными загрязнителями).

В статье [3] на примере расчета из источника [2] показано, что даже авторы рассматриваемой методики в такой ситуации допускают ошибку и завышают суммарный сброс загрязнителей примерно в два раза.

б) Использование методик предусмотрено, если в фоне набор веществ одной группы суммации такой же, как и в сточных водах, либо в фоне некоторые из этих веществ отсутствуют ($C_{CTi} > C_{Ei} \geq 0$). Рекомендаций нет для тех случаев, когда в сточных водах отсутствуют вещества, содержащиеся в фоне ($C_{Ei} > C_{CTi} \geq 0$).

Такое положение приводит к тому, что часто упомянутые вещества в фоне просто не учитывают.

в) Отсутствие рекомендаций для проверки результатов расчета не позволяет выявить ошибки при оценке ПДС.

Материалы и методы исследования. В работе [3] предложена методика для расчета ПДС группы консервативных веществ, учитывающая упомянутые недостатки. Выведем теперь расчетную формулу для общего случая.

В водоток сбрасывается m_{CT} веществ, обладающих эффектом суммарного действия, некоторые из этих веществ неконсервативные. В водной среде потока выше сброса сточных вод содержится m_E веществ, которые входят в рассматриваемую группу суммации. Таким образом, ниже сброса в водной среде потока находятся $m \leq m_{CT} + m_E$ веществ суммарного действия. Необходимо определить предельные значения концентрации рассматриваемых m_{CT} веществ в сточных водах, при которых в контрольном створе (в расчетной струе) сумма расчетных концентраций всех m веществ, входящих в группу суммации, в долях от ПДК была бы равна нормативу.

Расчетной будем называть ту струю водного потока, где наблюдается минимальное разбавление рассматриваемой сточной воды как некоторой среды, концентрация которой в точке сброса равна 100%.

В расчетной струе концентрация вещества будет наибольшей в створе, если концентрация этого вещества в сточных водах больше, чем в фоне. Если же

концентрация вещества в сточной воде меньше, чем в фоне, то в расчетной струе концентрация данного вещества будет наименьшей в створе.

Рассмотрим вначале уравнение баланса (по аналогии с [2]) неконсервативного вещества для расчетной струи в некотором контрольном створе

$$[\gamma Q_E C_E + Q_{CT} C_{CT}] \exp(k_H t) = (\gamma Q_E + Q_{CT}) C_{ЭКС}, \quad (1)$$

где γ – коэффициент смешения [2];
 Q_E – расход воды в потоке выше сброса сточных вод;
 C_E – концентрация загрязнителя выше сброса;
 Q_{CT} – расход сточных вод;
 C_{CT} – концентрация загрязнителя в сточных водах;
 k_H – коэффициент неконсервативности (имеет отрицательное значение [2]);
 t – время, в течение которого сточные воды транспортируются потоком от места сброса до контрольного створа;

$C_{ЭКС}$ – экстремальное значение концентрации вещества в контрольном створе.

Между коэффициентом смешения γ и кратностью разбавления n существует зависимость [2]

$$n = (\gamma Q_E + Q_{CT}) / Q_{CT}. \quad (2)$$

Преобразуем уравнение баланса (1), используя формулу (2), и запишем его для каждого из m веществ в контрольном створе:

$$[C_{Ei} (n - 1) + C_{CTi}] \exp(k_{Hi} t) = n C_{ЭКСi}, \quad 1 \leq i \leq m. \quad (3)$$

Уравнение баланса (1) справедливо и имеет физический смысл при любом соотношении значений концентрации загрязнителей в фоне и в сточных водах ($C_{CTi} \geq C_{Ei} \geq 0$ или $C_{Ei} \geq C_{CTi} \geq 0$). Вместе с этим и все уравнения в системе (3) справедливы и имеют физический смысл.

Из сказанного выше следует, что система уравнений (3) позволяет учесть все вещества, входящие в группу суммации в контрольном створе, независимо от того, как распределены эти вещества и как соотносятся значения их концентрации в сточных водах и в потоке выше сброса.

Разделим концентрации вещества в каждом уравнении системы (3) на соответствующую ПДК. После суммирования этих m выражений получим

$$(n-1) \sum (C_{Ei} / ПДК_i) \exp(k_{Hi} t) + \sum (C_{CTi} / ПДК_i) \exp(k_{Hi} t) = n \sum (C_{ЭКСi} / ПДК_i). \quad (4)$$

Обозначим суммы в формуле (4) символом Ψ с соответствующим индексом, приравняем $\Psi_{ЭКС} = \Psi_H$ и $\Psi_{CT} = \Psi_{ПД}$ и найдем $\Psi_{ПД}$

$$(n-1) \Psi_E + \Psi_{CT} = n \Psi_{ЭКС} \rightarrow (n-1) \Psi_E + \Psi_{ПД} = n \Psi_H \rightarrow \Psi_{ПД} = n (\Psi_H - \Psi_E) + \Psi_E, \quad (5)$$

где $\Psi_{ПД}$ – предельное значение показателя Ψ для m_{CT} веществ в сточных водах;
 Ψ_H – нормативное значение показателя Ψ для m веществ в контрольном створе;

$$\Psi_E = \sum (C_{Ei} / ПДК_i) \exp(k_{Hi} t); \quad (6)$$

Ψ_E – фоновое значение показателя Ψ для m_E веществ.

Формула (5) позволяет найти такое значение показателя $\Psi_{ПД}$ для веществ с эффектом суммации в сточных водах, при котором в контрольном створе будет соблюдаться условие: $\Psi_{ЭКС} = \Psi_H$ при любом наборе веществ и любом соотношении их концентрации в сточных водах и в потоке: $C_{CTi} \geq C_{Ei} \geq 0$ и $C_{Ei} \geq C_{CTi} \geq 0$.

Предельные значения концентрации веществ в сточных водах определяются по следующей формуле

$$C_{ПДi} = k_{СТi} \Psi_{ПД} ПДК_i \exp(-k_{Hi} t), \quad (7)$$

где $C_{ПДi}$ – предельная концентрация i -того вещества в сточных водах;
 $k_{СТi}$ – коэффициенты пропорциональности концентрации веществ в долях от ПДК в сточных водах ($k_{СТi} = C_i / (ПДК_i \Psi_{СТ})$).

Коэффициенты $k_{СТi}$ подбираются исходя из условия:

$$0 < k_{СТi} < 1 \quad \text{и} \quad \sum k_{СТi} = 1. \quad (8)$$

Проверка расчетов выполняется по следующим формулам:

при $C_{СТi} \geq C_{Ei} \geq 0$ –

$$C_{МАХ} = [C_E + (C_{СТ} - C_E) / n] \exp(k_H t); \quad (9)$$

при $C_{Ei} \geq C_{СТi} \geq 0$ –

$$C_{МИН} = [C_{СТ} + C_E (n - 1) / n] \exp(k_H t), \quad (10)$$

где $C_{МАХ}$ – максимальная концентрация вещества в контрольном створе в расчетной струе;

$C_{МИН}$ – минимальная концентрация вещества в контрольном створе в расчетной струе.

Формулы (9) и (10) получены из формулы (3).

Последовательность расчета ПДС загрязнителей одной группы суммарного действия следующая.

1. По формуле (6) рассчитывается сумма концентраций в долях от ПДК (Ψ_E) для m_E веществ рассматриваемой группы выше сброса сточных вод (если вещество консервативно, то для него $\exp(k_{Hi} t) = 1$).

2. По формуле (5) определяется $\Psi_{ПД}$.

3. Задавшись $k_{СТi}$ в соответствии с условием (8) для $m_{СТ}$ веществ рассматриваемой группы в сточных водах (исходя из экономических соображений, либо ориентируясь на эффективность очистных сооружений и т. п.) по формуле (7) рассчитываются $C_{ПДi}$. Наборы веществ рассматриваемой группы суммарного действия выше сброса сточных вод и в сточных водах могут быть разными.

4. Выполняется проверка расчетов по формулам (9) и (10). В контрольном створе сумма концентраций всех ($m \leq m_E + m_{СТ}$) веществ в долях от ПДК должна быть не больше единицы.

Результаты исследований и их анализ. Выполним расчет по предлагаемой методике. В реку рыбохозяйственного назначения сбрасываются сточные воды. Условный набор веществ в фоне и в сточных водах, а также условные коэффициенты неконсервативности веществ приведены в табл. 1. Необходимо определить предельные для сброса концентрации веществ в сточных водах. Показатель n равен 3,50, а время добегаания воды в потоке от места сброса сточных вод до контрольного створа составляет 0,12 суток.

По формуле (6) рассчитываем Ψ_E . Из табл. 2 видно, что $\Psi_E = 0,7116$.

Нормативное значение Ψ_H принимаем равным 1, и по формуле (5) определяем

$$\Psi_{ПД} = 3,50 (1 - 0,71162) + 0,71162 = 1,721.$$

Таблица 1 – Исходные данные

Вещество	C_E , мг/дм ³	Наличие в сточн. водах	k_H , сут ⁻¹	ЛПВ	ПДК, мг/дм ³
A	1,09	–	–0,250	токс.	9,10
B	–	+	–0,450	токс.	0,05
C	3,40	+	–0,100	токс.	50,0
D	10,5	+	0,000	токс.	180
E	2,40	+	–0,650	токс.	40,0
F	8,4	+	0,000	токс.	120
G	0,05	–	0,000	токс.	0,5
H	12	+	–0,850	токс.	100
I	42	+	–0,250	токс.	300
J	–	+	0,000	токс.	0,001

Далее по формуле (7) рассчитываем значения $C_{ПД}$ (табл. 2):

$$B - C_{ПД} = 0,150 * 1,721 * 0,05 / 0,9474 = 0,01362;$$

$$C - C_{ПД} = 0,100 * 1,721 * 50,0 / 0,9881 = 8,709...$$

Таблица 2 – Результаты расчета

Вещество	$C_E / ПДК$	$e^{k_H t}$	$C_E e^{k_H t} / ПДК$	$k_{СТ}$	ПДК, мг/дм ³	$C_{ПД}$, мг/дм ³
A	0,1198	0,9704	0,1163	–	9,10	–
B	–	0,9474	–	0,150	0,05	0,01362
C	0,0680	0,9881	0,06719	0,100	50,0	8,709
D	0,05833	1,000	0,05833	0,120	180	37,17
E	0,06000	0,9250	0,05550	0,130	40,0	9,645
F	0,07000	1,000	0,07000	0,100	120	20,65
G	0,1000	1,000	0,1000	–	0,5	–
H	0,1200	0,9030	0,1084	0,100	100	19,06
I	0,1400	0,9704	0,1359	0,100	300	53,20
J	–	1,0000	–	0,200	0,001	0,0003442
Σ	–	–	0,7116	1,000	–	–

Проверим расчет. Для этого по формулам (9) и (10) рассчитываем, какой будет концентрация веществ в контрольном створе (табл. 3).

$$A - C_{ЭК} = 1,09 * 2,5 / 3,5 * 0,9704 = 0,7555,$$

$$C_{ЭК} / ПДК = 0,7555 / 9,10 = 0,08302;$$

$$B - C_{ЭК} = 0,01362 / 3,5 * 0,9474 = 0,03687,$$

$$C_{ЭК} / ПДК = 0,03687 / 0,05 = 0,07373...$$

По табл. 3 видно, что в контрольном створе сумма значений концентрации веществ в долях от ПДК будет равна единице с точностью до третьего знака после запятой. То есть, при рассчитанном сбросе загрязняющих веществ требования норм в контрольном створе будут соблюдены. Это свидетельствует о том, что полученные результаты верны.

Таблица 3 – Проверка расчета

Вещество	$C_{ПДС}$, мг/дм ³	C_E , мг/дм ³	$e^{kni t}$	$C_{ЭКС}$, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	$C_{ЭКС} / ПДК$
A	–	1,09	0,9704	0,7555	9,10	0,08302
B	0,01362	–	0,9474	0,003687	0,05	0,07373
C	8,709	3,40	0,9881	4,858	50,0	0,09717
D	37,17	10,5	1,000	18,12	180	0,1007
E	9,645	2,40	0,9250	4,135	40,0	0,1034
F	20,65	8,4	1,000	11,90	120	0,09917
G	–	0,05	1,000	0,03572	0,5	0,07143
H	19,06	12	0,9030	12,66	100	0,1266
I	53,20	42	0,9704	43,86	300	0,1462
J	0,0003442	–	1,0000	0,00009834	0,001	0,09834
Σ	–	–	–	–	–	0,9998

Выводы. Разработанная методика получена на общих основаниях и ее можно использовать при различных комбинациях загрязнителей в сточных водах и в фоне, включая случаи, не предусмотренные методиками, разработанными ранее и действующими в настоящее время.

В дальнейшем предлагаемая методика может быть использована для разработки методических рекомендаций по выполнению инженерных расчетов ПДС неконсервативных загрязняющих веществ.

Список литературы

1. *Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти зі зворотними водами: Затв. наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 15.12.94 р. № 116.* - К., 1994. - 79 с.
2. *Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод.* / Под ред. проф. А.В. Караушева. Изд. 2-ое. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 285 с.
3. *Юрасов С.Н., Кузьмина В.А.* Анализ действующей методики и рекомендации по расчету ПДС загрязнителей с эффектом суммарного действия. / Сборник «Климатология, метеорология и гидрология». Вып. 50. 2008.- с. 401

Рекомендації по розрахунку ГДС групи неконсервативних забруднювальних речовин з ефектом спільної дії. Юрасов С.М., Кузьмина В.А.

У статті пропонується нова методика розрахунку ГДС групі неконсервативних забруднювальних речовин з ефектом спільної дії. Приведено послідовність виконання розрахунків, дані рекомендації по перевірці їх правильності, наведено приклад. Методика дозволяє розрахувати ПДС групі забруднювальних речовин при будь-якому наборі забруднювачів цієї групи у фоні і в стічних водах, а також при будь-якому співвідношенні значень їх концентрації.

Ключові слова: гранично допустимий скид, неконсервативні забруднювальні речовини, ефект сумісної дії, стічні води.

Recommendations upon settlement of MPU groups of unconservative contaminants with the effect of common action. S. Urasov, V. Kuzmina

In the article the new method of calculation of MPU is offered to the groups of unconservative contaminants with the effect of common action. A sequence is resulted the implementations of calculations, given recommendations on verification of their rightness, an example is resulted. A method allows to expect MPU to the group of unconservative contaminants at any set of contaminants of this group in a background and in sewages, and also at any correlation of values of their concentration.

Keywords: maximum possible upcast, the unconservative contaminants, effect of total action, sewages.