

A sequence of receipt and ergonomic analysis of polynomial regression relationships that characterize the conduct rescue operations in emergency response to the release of hazardous chemicals. The possibility of quantifying nonlinear and interdependent factors affecting the operation of the "rescuer - protection and emergency response - emergency release of hazardous chemicals".

**Key words:** simulation evaluation, the localization of emergency, PPE, multi-factor model, the rescuers

### УДК 351.861+504.61

*Васюков А.Е., д-р хим. наук, зав. каф., НУГЗУ,  
Иванов Е.В., зам. нач. курса, НУГЗУ,  
Лобойченко В.М., канд. хим. наук, доц., НУГЗУ,  
Варивода Е.А., канд. геогр. наук, доц., НУГЗУ*

## К ВОПРОСУ РАСЧЕТА МАССЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ВСЛЕДСТВИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

(представлено д-ром техн. наук Басмановым А.Е.)

Рассмотрены варианты расчета массы загрязняющих веществ в зависимости от вида водопользования на примере последствий взрыва боеприпасов на артиллерийском складе (с. Новобогдановка Запорожской обл., 2006 г.). Введено понятие  $M_{уд}$  – удельная масса загрязняющего вещества в сточной воде»: масса загрязняющего вещества в  $1 \text{ м}^3$  сточной воды, поступающая в водный объект в течение 1 часа. Показано, что  $M_{уд}$  зависит от вида водопользования в случае, когда фактическая концентрация загрязняющего вещества сравнима с ПДК для воды хозяйственно-питьевого водопользования. В случае  $C_{факт.} > 10 \text{ ПДК}_{хоз.-пит.}$ , вид водопользования практически не влияет на  $M_{уд}$ .

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации, загрязняющие вещества, экологический ущерб, загрязнение водных ресурсов, экологическая безопасность, сбросы сточных вод

**Постановка проблемы.** На сегодняшний день актуальной проблемой является увеличение числа чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера вследствие нарушения природоохранного законодательства в части пре-

---

К вопросу расчета массы загрязняющего вещества при определении экологического ущерба от чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения водных ресурсов

вышения нормативов сбросов загрязняющих веществ в водный объект со сточными водами. Решение данной проблемы требует постоянного совершенствования нормативных документов в области экологического нормирования, в том числе с помощью экономических санкций, что количественно оцениваются в виде убытков (ущерба), нанесенных государству.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Под ущербом, который наносится сферам окружающей среды, в общем случае понимают затраты общества, связанные с изменениями в окружающей среде вследствие ее загрязнения. Существуют несколько подходов к оценке экологического ущерба [1]. Среди них выделим подход, который базируется на определении удельных убытков от воздействия на окружающую среду с учетом официально зафиксированных масштабов экодеструктивной деятельности (сбросов, выбросов, размеров разрушения природных экосистем и т.д.).

Ущерб от сброса сточных вод ( $Z_{чс}$ , грн), загрязненных в результате чрезвычайной ситуации одним нормируемым веществом, рекомендуется рассчитывать по формуле [2]

$$\begin{aligned} Z_{чс} &= V \times T \times (C_{с.факт.} - C_{доп.}) \times 0,003 \times A_i \times n \times h \times 10^{-3} = \\ &= M_i \times 0,003 \times A_i \times n \times h \times 10^{-3}; \end{aligned} \quad (1)$$

где:

- $V$  – расход сточной воды, м<sup>3</sup>/час;
- $T$  – длительность сверхнормативного сброса, час;
- $C_{с.факт.}$  – средняя фактическая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, г/м<sup>3</sup>;
- $C_{доп.}$  – разрешенная для сброса концентрация загрязняющего вещества, определенная при утверждении предельно допустимых сбросов, г/м<sup>3</sup>;
- 0,003 – базовая ставка возмещения убытков в частях необлагаемого минимума доходов (НМД) граждан, НМД/кг (рассчитанная как средняя стоимость обезвреживания разных загрязняющих веществ в частях необлагаемого минимума доходов за единицу массы вещества);
- $A_i$  – показатель относительной опасности веществ. Определяется как соотношение  $1/C_{ндк}$ , где  $C_{ндк}$  – предельно допустимая концентрация этого вещества согласно СанПиН № 4630-88 [3] или обобщенного перечня ПДК вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов [4];

- $n$  – величина необлагаемого минимума доходов граждан в национальной валюте, грн;
- $h$  – коэффициент, который учитывает категорию водного объекта;
- $M_i$  – масса сверхнормативного сброса  $i$ -го загрязняющего вещества в водный объект с сточными водами, т.

В формулу для расчета ущерба входит масса сверхнормативного сброса  $i$ -го загрязняющего вещества в водный объект со сточными водами, для определения которой необходимо знать допустимую концентрацию загрязняющего вещества и фактическую концентрацию загрязняющего вещества в загрязненной (сточной) воде [2, 5].

**Постановка задачи и ее решение.** Целью данной статьи является попытка перенести существующий опыт Минприроды Украины по расчету массы сверхнормативного сброса  $i$ -го загрязняющего вещества в водный объект со сточными водами при нарушениях законодательства по охране и рациональному использованию водных ресурсов в нормативные документы ГСЧС по соответствующим расчетам при оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Вначале рассмотрим существующие условия сброса сточных вод в водный объект, при которых не нарушаются экологические нормативы качества воды, т.е. не превышает  $C_d$  – разрешенная для сброса концентрация загрязняющего вещества (см. формула (1)). Эти условия зависят от видов водопользования, среди которых выделяют два: хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование; рыбохозяйственное водопользование.

Для первого вида водопользования определены 2 категории [3]:

- I категория водопользования – водные объекты, используемые в качестве источников централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий;
- II категория водопользования – водные объекты, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы в черте населенных мест.

Для второго вида водопользования определены 3 категории [4, 6]:

---

К вопросу расчета массы загрязняющего вещества при определении экологического ущерба от чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения водных ресурсов

- высшая категория – места для добычи (вылова) особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, а также места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов;

- I категория – водные объекты, которые используются для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам, и являются местами их размножения, зимовки, массового нагула, искусственного воспроизводства, путями миграций;

- II категория – водные объекты, которые могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчетном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям в зависимости от вида водопользования.

Нормы качества воды водных объектов включают: общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в зависимости от вида водопользования; перечень предельно допустимых концентраций (*ПДК*) нормированных веществ в воде водных объектов для различных видов водопользования.

В расчетном створе водного объекта вода должна удовлетворять нормативным требованиям. Базовыми показателями в системе расчёта *ПДС* сейчас являются *ПДК* или фоновые концентрации химических веществ, если их естественное содержание в воде водного объекта превышает санитарно-гигиенические и (или) рыбохозяйственные нормативы. Перечень нормируемых для сброса загрязняющих веществ на Украине закреплён в приложении к Порядку разработки и утверждения предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ [7].

В соответствии с требованиями нормативного документа [2], масса сверхнормативного сброса  $i$ -го загрязняющего вещества ( $M_i$ ) зависит от допустимой концентрации загрязняющего вещества в сточной воде, определенной при утверждении предельно допустимых сбросов ( $C_d$ ). Допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточной воде зависит от вида водопользования, поэтому на практике существует несколько вариантов расчета  $M_i$ . Рассмотрим два из них.

*Вариант №1.* Расчет массы сверхнормативного сброса загрязняющих веществ, которые подлежат нормированию согласно законодательству, в результате аварийного сброса сточных вод при наличии у субъекта ведение хозяйства разрешения на специальное водопользование осуществляется по формуле

$$M_i = (C_{i\phi} - C_{id}) \times V \times T \times 10^{-6}, \quad (2)$$

*Вариант №2.* Расчет массы сверхнормативного сброса загрязняющих веществ, которые не подлежат нормированию согласно законодательству, в результате аварийного сброса обратных вод при наличии разрешения на специальное водопользование или в результате аварийного или самовольного сброса обратных вод без наличия разрешения на специальное водопользование осуществляется по формуле

$$M_i = C_{i\phi} \times V \times T \times 10^{-6}, \quad (3)$$

Остановимся более детально на понятии «разрешенная для сброса концентрация загрязняющего вещества». На практике в качестве таковой может выступать:

- фоновая концентрация загрязняющего вещества, если это вещество природного происхождения ( $C_{фон.}$ );
- ПДК загрязняющего вещества, рыбохозяйственное (ПДК<sub>рыб.хоз.</sub>) или хозяйственно-питьевое (ПДК<sub>хоз.-пит.</sub>), в зависимости от вида водопользования.

Введем понятие «удельная масса загрязняющего вещества в сточной воде»:  $M_{уд.}$  – масса загрязняющего вещества в 1 м<sup>3</sup> сточной воды, поступающая в водный объект в течение 1 часа. Тогда, в зависимости от разрешенной для сброса концентрации загрязняющего вещества, возможны три вида  $M_{уд.}$ . Рассчитаем значения этих  $M_{уд.}$  на примере загрязнения поверхностных вод Запорожского водохранилища в результате взрыва боеприпасов на артиллерийском складе (с. Новобогдановка Запорожской обл., 2006 г.) [8].

Из данных, представленных в таблице следует, что в случае поступления в поверхностные воды свинца на уровне  $C_{факт.} > 10$  ПДК<sub>хоз.-пит.</sub> максимальные и минимальные значе-

---

К вопросу расчета массы загрязняющего вещества при определении экологического ущерба от чрезвычайных ситуаций вследствие загрязнения водных ресурсов

ния  $M_{уд.}$  отличаются незначительно, на 0,5%, что говорит об отсутствии влияния вида  $C_{дон.}$  на  $M_{уд.}$ .

**Таблица 1 – Результаты влияния чрезвычайной ситуации (с. Новобогдановка Запорожской обл.) на концентрации металлов в поверхностных водах Запорожского водохранилища и удельную массу загрязняющего вещества (металла)**

Характеристика	Концентрация металла, г/м <sup>3</sup>					Ссылка
	Pb	Cu	Ni	Zn	Mn	
На расстоянии 5 км от центра ЧС	6,2	9,5	1,1	0,95	0,41	[8]
Фон	>0,00 1	0,002	0,003	0,02	0,10	[9]
$M_{уд. фон.}$ , г/час×м <sup>3</sup>	<b>6,2</b>	<b>9,498</b>	<b>1,097</b>	<b>0,93</b>	<b>0,31</b>	
Превышение фона	<b>&lt;6200</b>	<b>4750</b>	<b>367</b>	<b>47</b>	<b>4,1</b>	
$ПДК_{рыб.хоз.}$	0,006	0,001	0,01	0,01	0,01 (Mn(II))	[4]
$M_{уд. рыб.хоз.}$ , г/час×м <sup>3</sup>	<b>6,194</b>	<b>9,499</b>	<b>1,09</b>	<b>0,94</b>	-	
Превышение $ПДК_{рыб.хоз.}$	<b>1333</b>	<b>9500</b>	<b>110</b>	<b>95</b>	-	
$ПДК_{хоз.-пит.}$	0,03	1,0	0,13	1,0	0,13	[3]
$M_{уд. хоз.-пит.}$ , г/час×м <sup>3</sup>	<b>6,17</b>	<b>8,5</b>	<b>0,97</b>	-	<b>0,28</b>	
Превышение $ПДК_{хоз.-пит.}$	<b>207</b>	<b>9,5</b>	<b>8,5</b>	-	<b>3,2</b>	
$M_{уд. мак.}$	6,2	9.498	1,097	0,94	0,31	
$M_{уд. мин.}$	6,17	8,5	0,97	0,93	0,28	
$\Delta$ , %	0,5	11	11	1,1	9,8	

Для цинка также максимальные и минимальные значения  $M_{уд.}$  отличаются незначительно (1,1 %) , но в этом случае  $C_{факт.} < ПДК_{хоз.-пит.}$ , поэтому при хозяйственно-питьевом назначении водного объекта загрязнения воды по цинку не наблюдается.

Для меди, марганца и цинка различия максимальные и минимальные значения  $M_{уд.}$  можно считать существенными условно (~10 %), так как погрешность определения этих металлов воде более 10 % [11].

Таким образом, если  $C_{факт.}$  значительно (> 10 раз) превышает  $ПДК_{хоз.-пит.}$ , то  $M_{уд.}$  незначительно зависит от  $C_{дон.}$ , будут ли это фоновые концентрации загрязняющего вещества или рыбохозяйственные  $ПДК$ . В случае загрязнения воды на

Васюков А.Е., Иванов Е.В., Лобойченко В.М., Варивода Е.А.

уровне  $ПДК_{хоз.-пит}$  вид водопользования играет определяющую роль в вычислении  $M_{уд.}$ , а при  $C_{фон.} > ПДК_{рыб.хоз.}$ , значение  $C_{фон.}$  может явиться решающим в определении массы загрязняющего вещества.

Следует остановиться на особенностях рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого нормирования. В первом случае в воде нормируется содержание растворенных форм металлов и пробы воды фильтруют через мембранный фильтр, а во-втором – валовое содержание всех форм металлов, включая взвешенных и коллоидные формы, поэтому пробу воды не фильтруют, подкисляют до  $pH=2$  и направляют на последующие стадии химического анализа [11]. Поэтому аналитический контроль загрязненных вод на содержание металлов рекомендуется проводить с помощью методик, позволяющих определять отдельно валовое содержание металлов и концентрацию их растворенных форм.

### Выводы.

1. Введено понятие «удельная масса загрязняющего вещества в сточной воде»:  $M_{уд.}$  – масса загрязняющего вещества в  $1 \text{ м}^3$  сточной воды, поступающая в водный объект в течение 1 часа.

2. Значение  $M_{уд.}$  зависит от вида водопользования в случае  $C_{факт.} \approx ПДК_{хоз.-пит.}$ , в противном случае ( $C_{факт.} > 10 ПДК_{хоз.-пит.}$ ), как это показано на примере последствий взрыва боеприпасов на артиллерийском складе (с. Новобогдановка Запорожской обл., 2006 г.), различия между  $M_{уд. \text{ рыб.хоз.}}$  и  $M_{уд. \text{ хоз.-пит}}$  незначительны.

3. В случае контроля загрязненных вод на установления фактических концентраций металлов следует определять отдельно валовое содержание металлов и концентрацию их растворенных форм, так как в первом случае для сравнения с  $ПДК_{хоз.-пит.}$ , в во-втором для сравнения с  $ПДК_{рыб.хоз.}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хлобистов Є.В. Методичні підходи до оцінки наслідків надзвичайних ситуацій: порівняльний аналіз української та міжнародної практик / Є.В. Хлобистов, Л.В. Жарова, С.М. Волошин // Механізми регулювання економіки. – 2009. – № 4, Т.1. – С. 24-33.

2. Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру : постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 р. № 175 // Офіційний вісник України. – 2002. – № 8. – С. 170.
3. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : СанПиН 4630-88. – [Действие от 1989-01-01]. – М. : Министерство здравоохранения СССР, 1988. – 23 с.
4. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М. : ВНИРО, 1990. – 46 с.
5. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів : наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 20.07.2009 р. № 389 // Офіційний вісник України. – 2009. – № 63. – С. 128.
6. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов : ГОСТ 17.1.2.04-77. – [Действие от 1977-06-27]. – 17 с.
7. Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується : постанова Кабінету Міністрів України від 11.09.1996 р. № 1100 // Зібрання постанов Уряду України. – 1996. – № 17. – С. 490.
8. Сидоренко В.Л. Визначення екологічного збитку від аварії на артскладі / В.Л. Сидоренко, С.І. Азаров // Екологічна безпека. – 2009. – №3, Т.7. – С. 38-42.
9. Васюков А.Е. Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов : монография / А.Е. Васюков, А.Б. Бланк. – Х. : «Институт монокристаллов», 2007. – 256 с.
10. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств : ГОСТ 27384-87. – М. : Из-во стандартов, 1987. – 16 с.
11. Якість води. Відбирання проб. Частина 10. Настанови щодо відбирання проб стічних вод (ISO 5667-10:1992, IDT) : ДСТУ ISO 5667-10-2001. – К. : Держстандарт України, 2002. – 36 с.



Васюков О.Є., Іванов Є.В., Лобойченко В.М., Варивода Є.О.

**Щодо питання розрахунку маси забруднюючої речовини при визначенні екологічного збитку у разі надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок забруднення водних ресурсів**

Розглянуті варіанти розрахунку маси забруднюючих речовин в залежності від виду водокористування на прикладі наслідків вибуху боеприпасів на артилерійському складі (с. Новобогданівка, Запорізька обл., 2006). Введено поняття  $M_{уд}$  – питома маса забруднюючої речовини в стічній воді: маса забруднюючої речовини в  $1 \text{ м}^3$  стічної води, яка надходить у водний об'єкт протягом 1 години. Показано, що  $M_{уд}$  залежить від виду водокористування у випадку, коли фактична концентрація забруднюючої речовини порівняна з  $ГДК$  для води господарсько-питного водокористування. У випадку  $C_{факт.} > 10 ПДК_{хоз.-пит.}$ , вид водокористування практично не впливає на  $M_{уд}$ .

**Ключові слова:** надзвичайні ситуації, забруднювальні речовини, екологічний збиток, забруднення водних ресурсів, екологічна безпека, скиди стічних вод.

Vasyukov O.Ye., Ivanov Ye.V., Loboichenko V.M., Varyvoda Ye.A.

**To the question of contaminants' weight calculation under determining of ecological damage of technogenic emergencies as a result of water resources' pollution**

The variants of contaminants' weight calculation depended on kind of water use on the example of consequence of ammunition explosion at the artillery storage (Novobohdanivka, Zaporogskaya oblasti, 2006). There is proposed term of  $M_{un.}$  – unit weight in sewage water: weight of contaminant in  $1 \text{ м}^3$  of sewage water proceeding to the water object in one hour. There is shown that  $M_{un.}$  depended on kind of water use in case when actual concentration of contaminant is compared with maximum permissible concentration for the domestic water kind of water use. In case of  $C_{act.} > 10 MPC_{dom. water use}$  water use is not affected on  $M_{un.}$ .

**Key words:** emergencies, explosions on artillery storages, explosions of ammunitions, fires, civil defense, ecological safety