

**ПОСТРОЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ  
КАЧЕСТВА ВОДЫ  
(на примере бассейна Верхней Камы)**

Лепихин А.П.<sup>1</sup>, Мирошниченко С.А.<sup>1</sup>,  
Веницианов Е.В.<sup>2</sup>, Губернаторова Т.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Горный институт УО РАН, г. Пермь

<sup>2</sup>Институт водных проблем РАН, г. Москва  
eugeniy.venitsianov@gmail.com

Природные водные объекты, расположенные в различных географических зонах нашей страны, характеризуются достаточно широким диапазоном изменчивости гидрохимических показателей качества воды. Несмотря на это, для всей территории нашей страны установлены единые общедоказательные нормативы качества воды (ПДК), которые в целом не способны учесть, как происходит формирование количественных и качественных показателей качества водных объектов с учетом природной уникальности бассейна, в пределах которого происходит их формирование. Оценка качества поверхностных вод на основе общедоказательных ПДК полностью игнорирует не только своеобразие и уникальность водосборов, но и естественное их природное разнообразие.

Для устранения данного противоречия в ФЗ №7 «Об охране окружающей среды» указывалось в п. 2 Статья 22: «Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды с учетом природных особенностей территорий и акваторий» [1]. Несмотря на это требование, из-за отсутствия нормативно-методической базы по установлению региональных нормативов качества воды основным инструментом нормирования техногенных нагрузок на поверхностные водные объекты в нашей стране до сих пор остаются системы единых общедоказательных ПДК.

Решение проблемы построения региональных нормативов качества воды водных объектов в виде детерминированных («точечных») показателей тесно связано с оценкой ассимилирующей способности водного объекта, а также с определением их «фоновой» естественной концентрации. В отличие от общедоказательных ПДК региональные нормативы качества воды необходимо разрабатывать на основе статистики естественного фонового содержания загряз-

няющих веществ в воде на основе анализа многолетних рядов наблюдений с учетом устойчивого функционирования естественных или сложившихся экологических систем и биологического разнообразия. При расчете такой оценки необходимо учитывать, что статистическое распределение показателей качества воды, как заложено во многих схемах расчета, далеко не всегда может подчиняться нормальному закону распределения.

При оперировании точечными показателями, чтобы уйти от особенностей распределения отдельных показателей химического состава воды водных объектов, необходимо за основу принять квантили определенного порядка с учетом погрешностей их оценки, то есть:

$$C_{\phi} = C_p \pm E_{p1}^{(N)}, \quad (1)$$

где  $C_{\phi}$  – расчетная фоновая концентрация,  $C_p$  – квантиль уровня (обеспеченности)  $p$ ,  $E_{p1}^{(N)}$  – средняя погрешность оценки квантили  $C_p$  с обеспеченностью  $p_1$  и при объеме выборки  $N$ .

В общем случае региональный норматив показателя качества воды  $C_{нpi}$  определяется следующим образом:

$$C_{нpi} = f(C_{pi}, \delta_i, N), \quad (2)$$

где  $C_{pi}$  – квантиль порядка  $p$  для  $i$ -го показателя,  $\delta_i$  – среднеквадратичное отклонение,  $N$  – объем выборки. Согласно принципу санитарного максимализма все неопределенности и неоднозначности трактуются в сторону снижения показателя, поэтому доверительный интервал в оценке  $C_{нpi}$  должен быть ужесточен на величину доверительного интервала оценки квантили порядка  $p_1$ , определяющейся характером функции распределения для  $i$ -го показателя.

Конкретное задание нормативного показателя  $p_1$  связано с действующей схемой расчета фоновой концентрации [2]. При этом удельная ассимилирующая способность водного объекта, лежащая в основе нормативов НДС [3], оценивается как  $\Delta C = (C_{ндк} - C_{\phi})$ .

При решении практических задач установления региональных нормативов  $C_{pni}$  в качестве  $C_{\phi}$  целесообразно использовать квантиль порядка  $p = 0,75$ , а в качестве доверительного интервала его нижней границы принимать обеспеченность  $p_1 = 0,95$ . Соответственно в качестве регионального ПДК выбирается квантиль порядка  $p = 0,5$ , а в качестве доверительного интервала его нижней границы принимать обеспеченность  $p_1 = 0,95$ .

Квантиль порядка 0,75 (верхний квантиль) используются в качестве целевого показателя при разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), а граница с обеспеченностью 0,95 используются в действующих методических указаниях по расчету фоновых концентраций [2]. Научное обоснование выбора уровня обеспеченности содержится в работах [4-6].

Таким образом:

$$C_{npi} = C_{0,75} - \frac{Z_{0,75}^{0,95}(\sigma_i)}{\sqrt{N}} C_{\phi} = C_{0,5} - \frac{Z_{0,5}^{0,95}(\sigma_i)}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

где  $\frac{Z_p^{p_1}(\sigma_i)}{\sqrt{N}}$  – нижний доверительный интервал с обеспеченностью  $p_1$  для квантили порядка  $p$  при объеме выборки  $N$ ,  $\sigma_i$  – стандартное отклонение.

Соответственно ассимилирующая способность водного объекта составляет:

$$\Delta C = (C_{0,75} - C_{0,5}) - \frac{(Z_{0,75}^{0,95} + Z_{0,5}^{0,95})(\sigma_i)}{\sqrt{N}},$$

где  $Z_{0,75}^{0,95}$  – нижний доверительный интервал с обеспеченностью 0,95 для квантили порядка 0,75,  $Z_{0,5}^{0,95}$  – верхний доверительный интервал с обеспеченностью 0,95 для квантили порядка 0,5.

Как показали исследования [7-8], распределение гидрохимических показателей качества воды, за исключением кислорода, кремния, как правило, существенно отклоняется от нормального.

Для распределения с характерной асимметрией  $C_S \sim 2 \cdot C_V$ ,

$C_S \sim 3 \cdot C_V$  среднеквадратичная оценка квантилей порядка 0,75 составит  $\sim 1,2 \div 1,3\sigma$ . Учитывая, что квантиль стандартизованного нормального распределения порядка 0,95 равна  $Z_p = 1,64$  и подставляя данное соотношение в (2), имеем:

$$\bar{C}_{0.75}^{0.95} = C_{0.75} - \frac{2.15 \cdot \sigma}{\sqrt{N}}. \quad (4)$$

Данная оценка для расчета региональных фоновых концентраций является значительно более корректной по сравнению с оценками, предлагаемыми в методике расчета НДС [9], базирующаяся полностью на методике расчёта фоновых концентраций [2], когда в качестве нормативной оценки предлагается верхний доверительный интервал среднего значения.

Проблема установления региональных нормативов весьма актуальна для бассейна Верхней Камы. Вследствие почвенно-геохимических особенностей водосборной территории река Кама характеризуется повышенным содержанием ряда тяжелых металлов, таких как железо (общее), марганец, медь, цинк. В то же время на территории бассейна Верхней Камы находится крупнейший промышленный комплекс Соликамско-Березниковский промузел.

Результаты расчетов региональных нормативов по вышеописанной схеме для водотоков бассейна Верхней Камы представлены в табл. 1, где для сопоставления расчетных фоновых концентраций приведены региональные допустимые концентрации, рассчитанные в соответствии с методикой нормативов НДС [9]. Эти значения весьма близки. Принципиальное их различие заключается в том, что значения ПДК, полученные по методике [9], с уменьшением объема выборки возрастают, а по соотношению (4) снижаются, что методически представляется значительно более обоснованным.

Для предприятий-водопользователей, расположенных на территории Соликамско-Березниковского промузла и осуществляющих отведение своих сточных вод в Каму (Камское водохранилище), основными нормативами должны быть показатели, разработанные для створа р. Кама – пос. Тюлькино. На участке пос. Тюлькино – г. Березники р. Кама (Камское водохранилище) не принимает каких-либо крупных притоков, а в самом водотоке не установлено какие-либо внутриводоёмных процессов, способных существенно, статистически значимо изменить содержание тяжелых металлов в рассматриваемых водотоках, поэтому данные нормативы должны быть едиными для всего Соликамско-Березниковского промузла без каких-либо подразделений на подучастки.

Таблица 1 – Региональные ПДК для основных водотоков бассейна  
Верхней Камы

Наименование вещества (створа)	Расчетные фоновые концен- трации*	Региональные ПДК**	Квантиль С <sub>75</sub>
1	2	3	4
Fe (р. Кама - пос. Гайны)	1,3154	1,4227	1,5400
Cu (р. Кама - пос. Гайны)	0,0018	0,0017	0,0020
Zn (р. Кама - пос. Гайны)	0,0057	0,0034	0,0050
Mn (р. Кама - пос. Гайны)	0,1292	0,1272	0,1500
<b>Fe (р. Кама - пос. Тюлькино)</b>	<b>0,7441</b>	<b>0,7707</b>	<b>0,8500</b>
<b>Cu (р. Кама - пос. Тюлькино)</b>	<b>0,0016</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,0020</b>
<b>Zn (р. Кама - пос. Тюлькино)</b>	<b>0,0048</b>	<b>0,0042</b>	<b>0,0050</b>
<b>Mn (р. Кама - пос. Тюлькино)</b>	<b>0,0857</b>	<b>0,0885</b>	<b>0,1000</b>
Fe (р. Кама - г. Соликамск, в.г.)	0,5610	0,5702	0,6400
Cu (р. Кама - г. Соликамск, в.г.)	0,0016	0,0018	0,0020
Zn (р. Кама - г. Соликамск, в.г.)	0,0056	0,0051	0,0060
Mn (р. Кама - г. Соликамск, в.г.)	0,0897	0,0868	0,1000
Fe (р. Вишера -г. Красновишерск, в. г.)	0,3932	0,2927	0,3800
Cu (р. Вишера -г. Красновишерск, в. г.)	0,0014	0,0016	0,0020
Zn (р. Вишера -г. Красновишерск, в. г.)	0,0037	0,0032	0,0040
Mn (р. Вишера -г. Красновишерск, в. г.)	0,0526	0,0488	0,0600
Fe (р. Колва - г.Чердынь)	0,5985	0,5456	0,6100
Cu (р. Колва - г.Чердынь)	0,0013	0,0017	0,0020
Zn (р. Колва - г. Чердынь)	0,0038	0,0029	0,0040
Mn (р. Колва - г. Чердынь)	0,0825	0,0869	0,1000
Fe (р. Вишера - пос. Рябинино)	0,5755	0,5486	0,6100
Cu (р. Вишера - пос. Рябинино)	0,0013	0,0008	0,0010
Zn (р. Вишера - пос. Рябинино)	0,0037	0,0032	0,0040
Mn (р. Вишера - пос. Рябинино)	0,1109	0,0933	0,1100
Fe (р. Язьва – с. Н.Язьва)	0,5562	0,5500	0,6100
Cu (р. Язьва – с. Н.Язьва)	0,0016	0,0016	0,0020
Zn (р. Язьва – с. Н.Язьва)	0,0058	0,0038	0,0055
Mn (р. Язьва – с. Н.Язьва)	0,0806	0,0770	0,0900

\* – Расчетные фоновые концентрации (С<sub>фон расч.</sub>) по методике НДВ [9];

\*\* – Региональные ПДК по фону (4) (С<sub>пдк по фону</sub>).

В заключении отметим, что создание эффективной системы регламентации веществ двойного генезиса (естественного и техногенного) невозможно без учета природно-климатических особенностей водосборов конкретных водных объектов. Так как содержание тяжелых металлов характеризуется существенной пространственно-временной неоднородностью, часто их содержание оказывается значительно выше принятых для них общефедеральных нормативов (ПДК). Изменение состояния подстилающей поверхности, как правило, находит отражение в динамике химических показателей качества воды. Учет этих факторов также необходим при построении системы регламентирования с учетом региональных особенностей водных объектов.

Предложена новая методология установления региональных нормативов качества воды в объектах бассейна Верхней Камы, являющимся приемником сточных вод Соликамско-Березниковского промузла – одного из крупных промышленных комплексов бассейна р. Камы. Разработанный методологический подход учитывает факторы, определяющие содержание загрязняющих веществ (тяжелых металлов) в природных водах и его пространственно-временную изменчивость в водных объектах бассейна Верхней Камы. Подход реализован при построении региональных нормативов качества воды бассейна Верхней Камы.

### Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
2. Методическое указание РД 52.24.622-2001 «Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков»
3. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. Утверждена приказом Министерством природных ресурсов России от 17.12.2007 № 333 (зарегистрирована в Минюсте России от 21.02.2008 № 11198).
4. *Рисник Д.В., Беляев С.Д., Булгаков Н.Г. Левич А.П., Максимов В.Н. Мамихин С.В., Милько Е.С.* Подходы к нормированию качества окружающей среды. Методы, альтернативные существующей системе нормирования в Российской Федерации // *Успехи современной биологии.* 2013. Т. 133. С. 3-18.

5. *Беляев С.Д.* Использование целевых показателей качества воды при планировании водоохраной деятельности // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2007. № 3. С. 3-17.

6. *Беляев С.Д., Могиленских А.К., Одинцева Г.Я.* Целевые показатели качества воды Камского бассейна // Водное хозяйство России. Проблемы. Технологии. Управление. 2009. № 5. С. 35-48.

7. *Лепихин А.П., Мирошниченко С.А.* Особенности задания «фоновой» концентрации в естественных водотоках // Водное хозяйство России. 2002. №3. С. 247-262

8. *Лепихин А.П., Возняк А.А.* Статистические функции распределения гидрохимических показателей качества воды // Водное хозяйство России. 2012. №4. С.21-32.

9. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утверждена приказом Министерством природных ресурсов России от 12.12.2007 № 328 (зарегистрирована в Минюсте России от 23.01.2008 № 10974).

### **К ПРОБЛЕМЕ РАСЧЕТА ЗОН ТЕХНОГЕННОГО ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ (на примере Пермской ГРЭС)**

Лепихин А.П.<sup>1</sup>, Любимова Т.П.<sup>2</sup>, Ляхин Ю.С.<sup>1</sup>,  
Паршакова Я.Н.<sup>2</sup>, Коновалов В.В.<sup>2</sup>, Тиунов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Горный институт УО РАН, г. Пермь

<sup>2</sup> Институт механики сплошных сред УО РАН, г. Пермь  
lepihin49@mail.ru

**Введение.** В настоящее время водохранилища – наиболее распространенный тип охладителей для крупных тепловых электростанций. При их использовании возникают проблемы, которые индивидуальны для каждого водоема. Для малых охладителей – это ограничение мощности станции, связанное с повышением температуры забираемой воды, для крупных – тепловое загрязнение, изменение ледово-термического режима, гидрофизических и гидробиологических процессов, особенно в районах влияния сбросов подогретых вод.

Значимость рассматриваемой проблемы подтверждается тем, что первые прикладные модели «плоской» гидродинамики для решения данной задачи разрабатывались еще в начале 30-ых годов XX века [1]. Исследование этой проблемы в значительной мере ус-