

*Л.А. Тимофеева, Г.Т. Фрумин*

## ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

*L.A. Timofeyeva, Gr.T. Frumin*

### PROBLEMS OF SURFACE WATER QUALITY NORMING

*В обзоре показано несовершенство существующей системы нормирования качества водной среды, основанной на применении устанавливаемых на федеральном уровне предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (ПДК). Они не учитывают специфику функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах. Представлены некоторые модификации ПДК. Рассмотрены способы совершенствования комплексных показателей качества вод. Подчеркнута необходимость учета особенностей водного режима водотоков при нормировании качества водной среды.*

*Ключевые слова: качество воды, предельно допустимая концентрация, региональные допустимые концентрации, комплексные показатели, гидроэкосистема.*

*The review presents weak points of the present system of setting surface water quality standards. It is based on the maximum allowable concentrations of pollutants, which are the same for the whole country. Thus they do not consider features of hydro-ecosystems, which vary due to geographical conditions. Several modified quality indices are presented. Ways of enhancing of complex indices are described. Water regime must be taken into account while setting water quality standards.*

*Key words: water quality, maximum allowable concentrations of pollutants, regional index, complex indices, hydro-ecosystem.*

### *Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ*

Одним из важнейших методологических вопросов экологии является оценка состояния объектов природной среды. В рамках первого этапа (2009–2012 гг.) Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. [6] предусматривалось совершенствование нормативной базы в сфере использования и охраны водных объектов.

К сожалению, действующая система нормирования качества природных вод не обеспечивает сокращение антропогенной нагрузки на водную среду, поэтому не удивительно, что к настоящему времени к ней накопилось достаточно много претензий. Начиная с 30-х гг. прошлого века качество природных вод в России чаще всего оценивается на основе установления кратности и (или) повторяемости превышения измеренных (фактических) концентраций отдельных элементов и веществ химического состава воды к их предельно допустимой концентрации (ПДК).

В течение длительного времени разрабатывались и используются два вида нормирования ПДК — гигиеническое и рыбохозяйственное, как правило, второе много строже первого. Гигиенические нормативы ПДК предназначались для обеспечения

безопасных условий водопользования для человека, а не для защиты экологического благополучия водоема.

Система контроля и регламентирования качества водной среды рыбохозяйственных водоемов основана на установлении ПДК загрязняющих веществ путем выполнения по определенной схеме экспериментов с гидробионтами. То есть, вредное воздействие определялось в лабораторных условиях на определенных, наиболее уязвимых организмах (планктонные ракообразные (главным образом дафнии), развивающаяся икра, личинки и молодь рыб, одноклеточные водоросли); предполагалось, что и остальные члены сообщества будут реагировать на токсиканты подобным образом.

Однако установлено, что последствия одновременного воздействия нескольких токсикантов не эквивалентны сумме последствий их индивидуального влияния. Такой эффект, как правило, обусловлен тем, что организм подвергается дополнительному влиянию продуктов, образующихся в результате химических реакций между токсикантами. Взаимовлияние может проявляться в различных формах, терминологически известных как антагонизм, синергизм, сенсбилизация. Для понимания изложенного приводим табл. 1, в которой представлены формы воздействия токсичных веществ в двухкомпонентной системе [3].

Таблица 1

**Формы воздействия токсичных веществ в двухкомпонентной системе**

Форма взаимодействия	Эффект
Аддитивное действие	Эффект суммы равен сумме эффектов
Антагонизм	Эффект суммы меньше отдельных эффектов
Синергизм	Эффект суммы больше отдельных эффектов, но меньше суммы эффектов
Сенсбилизация	Эффект суммы больше суммы отдельных эффектов

То, что концентрация каждого элемента многокомпонентной смеси ниже установленной для него ПДК, еще не свидетельствует о безопасности смеси для водного биоценоза. Кроме того, ПДК, как правило, относятся к валовому содержанию, хотя в природных водных объектах многие тяжелые металлы-токсиканты присутствуют и в высокотоксичной форме ионов, и в связанном с органическими веществами вод состоянии, менее токсичном.

Другим явным недостатком существующей системы нормирования качества воды является применение одинаковых для всей территории России ПДК, которые зависят только от вида водопользования. Существующая система не учитывает региональных особенностей формирования природных вод, различную экологическую валентностью сообществ гидроэкосистем, сформированных в различных физико-географических условиях с различными типами природопользования, при не одинаковом антропогенном воздействии и просто на разных участках крупных рек и водоемов [31].

Так, в зонах с умеренным климатом река самоочищается через 200–300 км от места загрязнения, а на Крайнем Севере — через 2 тыс. км. Не может быть единого значения ПДК для мелководного и хорошо прогреваемого эвтрофного Цимлянского водохранилища и для холодного и глубокого олиготрофного Байкала. Аналогично,

существуют единые величины ПДК по нефти как для побережья Сочи, так и для полярного Ямала. Но если разлив в первом случае ликвидируется естественным путем за 2 года, то в суровых климатических условиях Ямала с его не емкими и не устойчивыми экосистемами — через 100 лет.

Как отмечалось участниками Объединенного Пленума Научного совета Отделения биологических наук РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии по проблеме экологического нормирования и разработки системы оценки состояния водоемов, иметь единые и стандартные величины ПДК удобно и проще, но их время прошло [8].

Некоторые эксперты выступают за бассейновый подход в сфере нормирования качества вод. Разработка и внедрение бассейновых предельно допустимых концентраций может позволить исправить ситуацию, когда ПДК необоснованно или занижены, или не могут быть соблюдены в силу естественных причин, обусловленных природным гидрохимическим фоном.

Однако, для крупных бассейнов такой принцип неприемлем: низовья Волги существенно отличаются от ее верховьев, а различия между верховьями Оби (Новосибирское водохранилище) и полярными условиями Обской губы еще более велики. При различных абиотических условиях в различных частях одного бассейна гидробионты по-разному реагируют на одни и те же виды токсикантов.

В идеале ПДК должны иметь региональный характер и могут отличаться на 3–7 порядков. Региональные нормативы качества вод следует устанавливать для водных объектов основных природно-климатических зон по приоритетным показателям, которые, в свою очередь, обусловлены природным гидрохимическим фоном и антропогенной нагрузкой. До 2011 г. был утвержден только один региональный норматив — региональная ПДК бора для р. Рудной Приморского края [8]. Также стоит отметить работу, посвященную водным объектам Вологодской области [29], и, безусловно, исследование специалистов из Иркутского государственного университета по установлению нормативов допустимых воздействий на экологическую систему озера Байкал и ПДК для сбрасываемых в него и его притоки веществ [24].

Установление региональных ПДК имеет как преимущества, так и недостатки:

- во-первых, для крупных речных систем могут значительно различаться как природные условия, так и химический состав воды, что не позволит установить единые для всего бассейна региональные нормативы;
- во-вторых, это длительный и дорогостоящий процесс;
- в-третьих, велика вероятность ненадежного обоснования региональных ПДК. При ошибке воспроизводимости определения ПДК, которая дает разброс в результатах в 10–100 раз, попытки выявить какие бы то ни было «региональные эффекты» обречены на неудачу. Исключения возможны лишь в биогеохимических провинциях, где природные аномалии химического состава водных экосистем устойчивы [11].

В последние годы, в связи с необходимостью расчета нормативов допустимого воздействия на водные объекты и в связи с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) [23] в официальной литературе появился термин «целевые показатели качества воды». Об установлении целевых показателей

качества воды в связи с разработкой СКИОВО упоминается и в ст. 33, 35 Водного кодекса Российской Федерации [7].

Использование целевых показателей качества воды вызвано необходимостью его определения в водных объектах, «которые в результате человеческой деятельности подверглись физическим изменениям, приведшим к существенному изменению их основных характеристик (гидрологических, морфометрических, гидрохимических и др.), и восстановление исходного природного состояния которых невозможно...» [21]. В этих Методических указаниях говорится, что целевые показатели качества воды, характеризующие состав и концентрацию химических веществ, микроорганизмов и другие показатели качества воды в водных объектах, устанавливаются с учетом природных особенностей бассейна, условий целевого использования водных объектов, современного состояния водного объекта и должны поддерживаться в течение определенного временного интервала или быть достигнуты по завершении предусмотренных СКИОВО водоохранных и водохозяйственных мероприятий. Так, для веществ двойного генезиса (распространенных в природных водах, как по естественным причинам, так и в результате антропогенного воздействия), «нормативы качества воды могут приниматься равными нормативам предельно допустимых концентраций химических веществ, которые определяются с учетом регионального естественного (условно-естественного) гидрохимического фона».

Обращает на себя внимание тот факт, что в нормативах указаны условия, влияющие на целевые показатели качества воды — природные особенности бассейна и современное состояние водного объекта, — но не приведены критерии их оценки. Неясным остается состав и значения этих показателей. В научной литературе предлагается различать долгосрочные (со сроком достижения 15–25 лет) и краткосрочные (со сроком достижения 3 года) целевые показатели [4].

Одним из первых нормативных документов РФ, говорящем о необходимости учета повышенного гидрохимического фона и установления региональных нормативов, являются [26], согласно которым «если в водном объекте под воздействием природных факторов по отдельным веществам превышает ПДК, то для этих водных объектов .... могут устанавливаться региональные нормы качества воды в соответствии с естественными фоновыми концентрациями». Данное положение Правил отражено в п. 3.2.3 [22], где говорится: «...В качестве исходных данных о качестве воды могут быть использованы природные фоновые значения незагрязненных участков водных объектов, особо охраняемых водных объектов, водных объектов в пределах заповедников со сходными геолого-географическими условиями и фондовые материалы исследований прошлых лет».

Безусловно, нормирование показателей качества в каждом контрольном створе невозможно, и в этом нет необходимости. Для эффективного использования перечисленных или других подходов необходимо разработать способ установления групп водных объектов или их частей — территорий, для которых допустимы единые количественные значения экологических нормативов.

В Институте экологии Волжского бассейна РАН региональные допустимые концентрации (РДК) разработаны для Саратовского водохранилища по данным систематических (ежемесячных) наблюдений в 2006–2010 гг. в пункте, расположенном

на правом берегу водохранилища ниже по течению от Жигулевской ГЭС. Сравнение рассчитанных РДК с действующими ПДК по четырем загрязняющим веществам показало, что для нитратов и фосфатов региональные критерии нормирования более «жесткие», а для меди и цинка — более «мягкие» по сравнению с ПДК. Таким образом, не все ПДК могут быть соблюдены в силу природных особенностей водных объектов. Разработка и внедрение РДК позволила бы скорректировать ситуацию.

Концепция регионального экологического нормирования основывается на следующих положениях:

- антропогенное воздействие не должно приводить к нарушению экологического состояния водных объектов и ухудшению качества вод;
- в каждом отдельно взятом бассейне или его части (водохозяйственный участок) формируется особенный состав воды, свойственный данной водосборной территории и зависящий от природно-климатических условий;
- разработка и внедрение региональных допустимых концентраций направлена на сохранение и восстановление благоприятной среды обитания гидробионтов и нормальное функционирование экосистем;
- расчет региональных допустимых концентраций осуществляется на основе систематических данных наблюдений в различные экологические сезоны;
- региональные допустимые концентрации характеризуются сезонной изменчивостью [28].

Бассейновое или региональное нормирование не предполагает отменять более тысячи показателей; речь идет о более узком спектре веществ двойного генезиса (тех веществах, которые формируются и природными, и антропогенными факторами). Бассейновые показатели могут быть разработаны для корректировки 15 или 20 ПДК для рыбохозяйственного использования, с тем, чтобы учесть природные особенности водных объектов. Бассейновый норматив можно установить для небольшой реки. Если речь идёт о больших реках, например, Волге или Лене, Иртыше или Амуре, то в этом случае нужно говорить о региональности формирования поверхностных вод на их отдельных участках.

### ***Комплексные показатели качества воды***

Системы оценки качества воды по большому числу отдельных характеристик ее состава и свойств очень громоздки. Выполнение работ по всему речному бассейну влечет за собой создание обширного массива данных, трудно поддающегося дальнейшей статистической обработке. Поэтому повышенный интерес к комплексным показателям оценки качества при их появлении в 70-х гг. прошлого века был легко объясним. Комплексные показатели качества воды должны были обеспечить возможность единой оценки и сравнения чистоты вод в разных пунктах и в различные моменты времени, а также возможность выявления веществ, вносящих основной вклад в общее загрязнение воды.

Несмотря на видимые достоинства оценки качества поверхностных вод с помощью комплексных показателей и создание около 30 наиболее известных комплексных

показателей, единого комплексного показателя, объединившего оценку качества природных масс разных водных объектов, не существует. Это вполне закономерно и обосновано разнообразием областей применения показателей качества воды, хотя, несомненно, это затрудняет процесс нормирования качества природных вод в отдельно взятом регионе [11].

В осуществлении гидрохимического мониторинга есть трудности и с определением ингредиентов химического состава природных вод. Специалисты-практики, работающие в области контроля качества водных ресурсов, выделяют здесь целый ряд основных проблем [17]:

- методический хаос — множество методик разного уровня согласования;
- появление на рынке огромного числа разработок, приборов, в том числе, не прошедших техническую экспертизу;
- недостаточная компетентность специализированных лабораторий для выбора адекватных решений;
- сложность самого объекта контроля — поверхностных и подземных вод;
- сложности организации отбора проб при массовом анализе в системе контроля и мониторинга и т.д.

До 2006 г. в системе Росгидромета в качестве интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод используются классы качества воды, оцениваемые по величинам индекса загрязненности воды (ИЗВ). Его расчет проводится для каждого пункта (створа) по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum (C_{1-6} / \text{ПДК}_{1-6}) / 6, \quad (1)$$

где  $C/\text{ПДК}$  — относительная (нормированная) среднегодовая концентрация; 6 — строго лимитируемое количество показателей, применяющихся в расчете и имеющих наибольшие относительные среднегодовые концентрации, включая в обязательном порядке, растворенный кислород и БПК<sub>5</sub> (пестициды в расчет ИЗВ не включаются).

В соответствии с градациями значений ИЗВ выделяются классы качества воды (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристики интегральной оценки качества воды [http://www.rae.ru/monographs/55-2252]**

Индекс загрязненности воды (ИЗВ)	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2–1	II	Чистые
Более 1–2	III	Умеренно загрязненные
Более 2–4	IV	Загрязненные
Более 4–6	V	Грязные
Более 6–10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

На основании [9], для оценки степени загрязнения водотоков был предложен индекс загрязнения воды с поправкой на водность (ИЗВ\*). Для его определения рассчитанный ИЗВ умножается на коэффициент водности, равный отношению фактического расхода воды (за период определения показатели) к среднемуголетнему. Для расчетов необходимы данные о фактических и среднемуголетних расходах воды исследуемого водотока, а также о фактических концентрациях загрязняющих веществ. Такой материал в достаточном объеме и за длительный период времени имеется в Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Отличительная особенность ИЗВ\* — учет водности исследуемой реки, благодаря чему этот показатель характеризует кратность превышения нормативного стока основных загрязняющих веществ. Этот показатель является улучшенным ИЗВ, поскольку более полно описывает ситуацию с загрязнением воды в разные по водности годы и сезоны года. Важность учета расхода воды при оценке состояния реки подтверждается наличием характерных зависимостей ИЗВ\* от  $Q_{\text{факт}}$  [32].

Индекс загрязнения воды с поправкой на водность лучше использовать для описания временной, и, особенно, внутригодовой динамики качества воды. Оценка пространственной загрязненности с использованием данного показателя может осуществляться только для рек со сходными физико-географическими факторами формирования химического состава вод.

Основным недостатком данного показателя, как и формализованного суммарного показателя химического загрязнения воды, является учет ограниченного (6 или 10) числа элементов.

Эпоха ИЗВ как основного в России показателя для оценки качества поверхностных вод закончилась в 2002 г., когда был введен в действие [27]. В документе для обобщения информации о химическом составе вод предложен алгоритм расчета комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ). Методика расчета данных показателей, как и в случае с ИЗВ, разрабатывалась Гидрохимическим институтом Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Впервые методика его расчета была описана в статье [16].

С 2006 г. Северо-Западное УГМС перешло на систему оценки качества поверхностных вод — по УКИЗВ. В расчете УКИЗВ участвуют: повторяемость случаев загрязненности (частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК), среднее значение кратности превышения ПДК (среднее значение результатов анализа проб, которые превышали ПДК, без учета проб не превышавших ПДК). По каждому из этих показателей определяются частные оценочные баллы ( $S_{\alpha}$  и  $S_{\beta}$ ) — условные величины. Произведение оценочных баллов является обобщенным оценочным баллом ( $S$ ). Сумма обобщенных оценочных баллов по всем ингредиентам в створе является комбинаторным индексом загрязненности воды (КИЗВ). УКИЗВ вычисляется как отношение КИЗВ к количеству ингредиентов, участвовавших в его оценке. УКИЗВ оценивает долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязненности воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ. Классификация качества воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности (табл. 3).



**Классификация качества воды водотоков  
по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ)**

Класс и разряд	Характеристика состояния загрязненности воды	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ*	в зависимости от числа учитываемых критических показателей загрязненности (КПЗ)				
			1	2	3	4	5
1-й	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	Слабо загрязненная	(1; 2]	(0,9; 1,8]	(0,8; 1,6]	(0,7; 1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	Загрязненная	(2; 4]	(1,8; 3,6]	(1,6; 3,2]	(1,4; 2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд «А»	загрязненная	(2; 3]	(1,8; 2,7]	(1,6; 2,4]	(1,4; 2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд «Б»	очень загрязненная	(3; 4]	(2,7; 3,6]	(2,4; 3,2]	(2,1; 2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	Грязная	(4; 11]	(3,6; 9,9]	(3,2; 8,8]	(2,8; 7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд «А»	грязная	(4; 6]	(3,6; 5,4]	(3,2; 4,8]	(2,8; 4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд «Б»	грязная	(6; 8]	(5,4; 7,2]	(4,8; 6,4]	(4,2; 5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд «В»	очень грязная	(8; 10]	(7,2; 9,0]	(6,4; 8,0]	(5,6; 7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд «Г»	очень грязная	(8; 11]	(9,0; 9,9]	(8,0; 8,8]	(7,0; 7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	Экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9; ∞]	(8,8; ∞]	(7,7; ∞]	(6,6; ∞]	(5,5; ∞]

\*КПЗ — критический показатель загрязненности, показатель загрязненности воды, по которому обобщенный оценочный балл превышает 9.

Значение УКИЗВ может изменяться в водах различной степени загрязненности от 1 до 16 (с ухудшением качества воды). На сегодняшний день расчеты КИЗВ и УКИЗВ становятся приоритетными при оценке степени загрязненности вод, поскольку в отличие от ИЗВ включают не только величины кратности превышения ПДК, но и частоты их превышения [1], и поэтому более точно характеризуют качество воды.

Однако переход от одних показателей оценки качества к другим повлек за собой проблему сопоставимости оценок. Так, специалистами Северо-Западного УГМС были определены классы качества воды основных водотоков Санкт-Петербурга за период с 1986 до 2005 г. на основе рассчитанных ИЗВ, а также за период 2005–2013 гг. — по УКЗИВ [33].

Для сопоставления двух оценок качества природных вод по двум методам необходимо разработать специальную шкалу. Это позволит унифицировать имеющийся ряд данных и выполнить его анализ. Предварительный анализ показывает, что, если принять уровень хозяйственного воздействия на объекты неизменным, оценки, полученные с помощью УКИЗВ, более строгие.

Так, вода самой «проблемной» р. Охты в период с 2000 по 2005 г. характеризовалась (по ИЗВ) как грязная или загрязненная. По УКЗИВ, в период 2005–2012 гг., вода в Охте оценивается исключительно как грязная. Подобная тенденция отмечается и в оценке качества относительно «благополучной» Малой Невки: начиная с 2005 г. ее воды характеризуются как загрязненные, хотя ранее, по ИЗВ они характеризовались как умеренно загрязненные.



Еще большие проблемы возникают при выработке совместной оценки качества водной среды трансграничных водоемов используемыми и исследующими их сторонами. Например, на основе данных мониторинга 2007–2008 гг. вода трансграничной реки Нарвы оценивается Эстонской стороной от умеренно загрязненной до загрязненной. Северо-Западное УГМС в 2007 г. определило состояние вод р. Нарва как хорошее. В 2011 г. РФ определяла экологическое состояние Нарвского водохранилища как хорошее, а Эстония — как умеренное [10]. Очевидные различия в определенном химическом статусе вод подтверждает необходимость проведения интеркалибраций систем его оценки, применяемых странами. Страны вольны применять установленные ими методы определения экологического статуса водных объектов, но оценки статуса, полученные по различным методикам, должны совпадать.

Следует отметить, что при расчете и ИЗВ, и УКИЗВ учитываются только гидрохимические показатели. Однако наряду с химическими элементами в воде содержатся различные микроорганизмы и бактерии, и часто микробиологические показатели являются решающими при оценке пригодности воды для использования. Роспотребнадзор определил субъекты Федерации, где отмечено наиболее низкое качество питьевой воды в распределительной сети по санитарно-химическим и микробиологическим показателям. В этот список попало и Приморье [34]. Поэтому местными специалистами предлагается внести изменения в расчет УКИЗВ, добавив к гидрохимическим показателям качества воды микробиологический, а именно наличие термотолерантных колиформных бактерий, указывающих на фекальное загрязнение.

В качестве исходной информации для расчета УКИЗВ с учетом микробиологического загрязнения приняты результаты совместного российско-китайского мониторинга качества воды трансграничных водотоков в 2009 г. [12]. Расчет выполнялся для трех створов в соответствии с упоминавшимся РД 52.24.643-2002, с включением в перечень из 28 элементов дополнительно показателя термотолерантных колиформных бактерий. Результаты исследования показали, что значение УКИЗВ увеличивается вниз по течению Амура. При этом его величина, вычисленная с учетом микробиологического загрязнения, примерно на 10 % превышает стандартно определенную. Наибольшее увеличение значения индекса наблюдается в створе, расположенном ниже устья Сунгари, что свидетельствует о значительном фекальном загрязнении, поступающем с территории Китая.

Интересно заметить, что мониторинг гидрохимического загрязнения этого участка Амура показал его снижение за период 2005–2009 гг. Таким образом, в условиях микробиологического загрязнения, включение в расчет УКИЗВ, помимо гидрохимических показателей микробиологических, делает данный метод комплексной оценки качества воды более совершенным, а оценку качества — более актуальной и комплексной [2].

Вместе с тем, комплексные показатели качества вод не характеризуют антропогенное загрязнение водных объектов, так как при их расчете не учитываются геохимические особенности ландшафтов конкретной территории. Не следует забывать, что нормирование и качество воды не эквивалентно нормированию антропогенной нагрузки. В первом случае необходимо учитывать гидрологию, гидрохимию, гидробиологию. При этом стоит задача оценки качества воды по ряду показателей. При нормировании антропогенной нагрузки учитывается только один критерий — ПДК, и через него осуществляется управление механизмом сброса сточных вод и т.д.

### *Нормативы допустимых воздействий*

Нормативы ПДК предназначены для того, чтобы:

- оценить степени экологического неблагополучия водоемов путем сопоставления концентраций тех или иных загрязняющих веществ в природных условиях с экспериментально установленной величиной ПДК этих же веществ;
- рассчитать нормативы предельно допустимого сброса для отдельных компонентов сточных вод, поступающих в водоемы.

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» нормативы допустимого воздействия (НДВ) устанавливаются для субъектов хозяйственной деятельности. Водные объекты могут подвергаться поступлению в водный объект вещества и энергии, то есть химическому и биологическому воздействию, которое характеризуется нормативно допустимым сбросом (НДС); кроме этого из них может изыматься часть водных ресурсов. В соответствии со ст. 35 Водного кодекса, при определении НДВ (на основании ПДК веществ, микроорганизмов и других показателей качества воды) учитывается только сброс в водные объекты.

Методические указания по разработке утвержденных в 2007 г. нормативов допустимого воздействия на водные объекты рекомендуют учитывать все источники сброса, как точечные (сбросы предприятий), так и рассредоточенные источники воздействия (диффузный сток с загрязненной территории), а в качестве основной расчетной территориальной единицы определен водохозяйственный участок (бассейновый подход).

В настоящее время расчет НДС загрязняющих веществ в водные объекты осуществляется по формуле:

$$\text{НДС}_i = q\text{СДС}_i, \quad (2)$$

где  $q$  — расчетный расход сточных вод;  $\text{СДС}_i$  — допустимая концентрация  $i$ -го вещества в сточных водах.

Величина  $\text{СДС}_i$  определяется следующим образом:

$$\text{СДС}_i = N(\text{ПДК}_i - \text{СФОН}_i) + \text{СФОН}_i, \quad (3)$$

где  $N$  — кратность общего разбавления сточных вод в водном объекте;  $\text{ПДК}_i$  — предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества;  $\text{СФОН}_i$  — фоновая концентрация  $i$ -го вещества.

Для обоснованного регулирования антропогенной нагрузки предлагается в формуле (3) заменить  $\text{ПДК}_i$  на региональные допустимые концентрации ( $\text{РДК}_i$ ) для веществ двойного (природного и антропогенного) происхождения, а значение  $\text{СФОН}_i$  на  $C_i$ .  $\text{РДК}_i$  предлагается рассчитывать для бассейна или водохозяйственного участка по формуле:

$$\text{РДК}_i = (\check{C}_i + y_i tSt/\sqrt{n}) - \Delta\check{c}_i, \quad (4)$$

где  $C_i$  — средняя концентрация вещества в фоновом створе;  $tSt$  — коэффициент Стьюдента;  $n$  — число данных;  $y_i$  — среднеквадратичное отклонение;  $\Delta\check{c}_i$  — антропогенная составляющая концентрации вещества определяется по формуле:

$$\Delta\check{c}_i = \text{МСВ}_i / Q, \quad (5)$$

где  $\text{МСВ}_i$  — масса вещества, поступающая ежегодно в водохранилище в составе сточных вод;  $Q$  — годовой сток из водохранилища.

Для водных объектов с незначительной антропогенной нагрузкой  $\Delta\check{c}_i$  приравнивается к нулю.

Результаты расчета НДС по действующей методике (с учетом ПДК) и по новой методике (с учетом РДК) показали, что нормирование с учетом региональных допустимых концентраций является более обоснованным с позиций экологии и экономики природопользования. Очевидно, такое нормирования позволит снизить биогенную нагрузку и уменьшить негативные последствия, связанные с «цветением» воды и ухудшением её качества [28].

Нормирование на основе РДК кажется вполне логичным и необходимым. Но опыт стран, где право нормирования передано региональным органам управления, показывает, что экологические нормативы субъектов, расположенных ниже по течению, иногда оказываются более жесткими, чем нормативы субъектов, расположенных выше по течению, и не просто договориться о создании единых нормативов.

Помимо этого, разработка регионального норматива для каждого веществ — мероприятие довольно дорогостоящее. Оплачивать его согласится только заказчик, уверенный в том, что новый норматив будет либеральнее и его введение уменьшит для него плату за водопользование. Экологические проблемы в этом случае отодвигаются на задний план.

В Брисбенской декларации, принятой гидрологами и гидробиологами пяти континентов на Международной конференции по экологическому стоку в Австралии в сентябре 2007 г., говорится: «Экологический сток описывает количественные, качественные и временные параметры стока, необходимые для поддержания пресноводных и эстуарных экосистем, а также жизнеобеспечения и благополучия людей зависящих от них». Это определение отражает нерасторжимую взаимозависимость колебаний естественного стока с колебаниями химического состава, термического режима воды и некоторых других показателей [8].

Современные отечественные методические указания определения норм допустимого воздействия декларируют его определение по 8-ми взаимоувязанным показателям: экологическому стоку и изъятию вод, химическому и микробиологическому составу, радиации и термическому режиму и т.д. Следовательно, обсуждать проблемы нормирования на основе только химических показателей не целесообразно; необходимо учитывать связь химических и гидрологических показателей, от изменения которых во многом зависит колебание концентраций химических веществ в водоёме.

В действующем Водном кодексе (2006) из текста исключено понятие «экологического стока и пуща», которое присутствовало в предыдущем кодексе. В РФ до 2007 г. не было официально утвержденного критерия степени регулирования речного

стока. Приказом Министерства природных ресурсов РФ № 328 от 12 декабря 2007 г. «Об утверждении методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» закреплено понятие экологического попуска (для зарегулированных рек) и экологического стока (для не зарегулированных рек). Однако этот приказ не утверждает единой методики расчета экологического стока/попуска [19].

Методика расчета нормативов допустимого воздействия по экологическому стоку/попуску и изъятию вод остаётся несовершенной. Компаниям, строящим гидротехнические сооружения, прежде всего ГЭС, ограничение допустимых воздействий на режим стока представляется крайне нежелательным. Во всей России нормы экологического попуска научно обоснованы всего для нескольких крупных ГЭС и, как правило, не соблюдаются.

Среди исследований проблемы экологического стока следует отметить работы [5, 14, 25, 30], в большей степени уделяющие внимание гидрологическому подходу к оценке экологического стока, а также работы Richter B.D., Richter H.E. и Dyson M., четко определивших понятие экологического стока как режима водности, необходимого для поддержания экологической целостности речных экосистем. Представляет интерес работа [20], в которой сделана попытка показать влияние нормирования антропогенного воздействия на количество доступных водных ресурсов и их качество [18], а также метод оценки пространственного распределения величин экологического стока территории с использованием геоинформационных систем [15].

Учет многолетних колебаний водности и поддержание важных естественных характеристик стока в антропогенно-измененных бассейнах — важнейший аспект экологического нормирования состояния водоемов. Необходима скорейшая доработка и официальное утверждение разработанной Межведомственной ихтиологической комиссией методики определения НДВ на основе лучшего отечественного и зарубежного опыта. В дальнейшем в каждом крупном речном бассейне в рамках разработки водохозяйственных планов необходимо проведение работ по определению норм экологического стока (и в частности норм допустимого изъятия) на основе связи между гидрологическими характеристиками и состоянием биологических объектов и экологических процессов. Определение четкого порядка определения и обязательного учета требований экологического стока-попуска в СКИОВО и правилах использования водных ресурсов водохранилищ.

Институтом водных и экологических проблем СО РАН при выполнении работы по информационному обеспечению разработки СКИОВО для Обского бассейна обнаружена несогласованность нормативных основ СКИОВО, НДВ и НДС. В частности, было предложено, что бы разработка региональных ПДК происходила с учетом особенностей водных экосистем различного типа. Целесообразно выработать типологию экосистем и разрабатывать, наряду с региональными, нормативы для различных типов экосистем.

Недопустимо формальное применение показателей. В верховье Оби находится Телецкое озеро — глубокий олиготрофный водоём, где концентрация нефтепродуктов в 100 раз меньше ПДК. И сотрудники МЧС на этом основании установили нормативное количество судов на этом водоеме в 100 раз больше, чем сейчас.

Многолетний опыт использования экологических нормативов по отдельным веществам и воздействиям показал, что они не оценивают реальные границы между

опасностью и безопасностью, а служат, скорее, обозначением некоторого уровня риска, различного не только для различных компонентов экосистем, но даже для разных групп населения. В разных странах действующие экологические нормативы различаются, что часто затрудняет решение трансграничных экологических проблем и заставляет искать пути гармонизации экологических нормативов. Недаром Европейским Союзом (ЕС), при поддержке Немецкого общества по техническому сотрудничеству, с 2002 г. в течение восьми лет финансировался многолетний и достаточно дорогостоящий проект «Гармонизация экологических стандартов ЕС и России» [8].

Водная рамочная Директива ЕС (2000) устанавливает правовую основу использования водных ресурсов в Европе, обеспечивает основу для их устойчивого менеджмента. Согласно Директиве, эти мероприятия должны основываться на бассейновом принципе, поскольку водосборный бассейн является естественной природной единицей. Страны-участницы обязаны оценить и контролировать состояние водных объектов в соответствии с принятой практикой мониторинга. К 2015 г. необходимо достичь хорошего качества вод. Первоначально были установлены предельные концентрации для 33 так называемых *приоритетных загрязнителей*. В новой редакции Директивы 2008 г. установлены стандарты качества окружающей среды для этих 33 веществ и 8 дополнительных. Директива предусматривает 3 вида мониторинга:

1. Долгосрочный мониторинг — *surveillance monitoring* — позволяет оценить изменение состояния объекта во времени, проследить тренды его параметров, например, климатические.
2. Оперативный мониторинг — *operational monitoring* — нацелен на исследование объектов, подверженных загрязнению, воды которых имеют низкое качество, вследствие чего их использование опасно. Осуществление такого мониторинга позволяет оценить эффективность мер, направленных на повышение качества вод.
3. Исследовательский мониторинг — *investigative monitoring* — необходим в случаях нарушения экологической безопасности, когда оперативный мониторинг недостаточен.

Дополнительно к указанным видам мониторинга страны-участницы обязаны контролировать состояние вод на территориях, водные объекты которых служат источниками питьевого водоснабжения или местами обитания особо охраняемых видов флоры и фауны.

Ранее существовавшее европейское законодательство было сосредоточено на мониторинге содержания химических элементов, достижении и поддержании «хорошего химического статуса» объекта. Состояние экосистем — новый объект политики в сфере водных ресурсов. Директива определяет четыре основных показателя, определяющих экологический статус: фитопланктон, водная флора, беспозвоночные, рыба [13]. Главная проблема состоит в том, что не все страны-участницы разработали методы оценки экологического состояния объектов, то есть, оценки содержания и состояния указанных выше объектов. Очевидно, решение стоящих задач и осуществление различных видов мониторинга, в условиях интеграции в Европе, потребует пересмотра действующих методик оценки качества вод и гидроэкосистем.

### Заключение

Проблема нормирования и контроля качества окружающей и, в частности, водной среды остается актуальной экологической проблемой для современной России. Корректное экологическое нормирование Указом Президента РФ от 4 июня 2008 г. названо одной из важнейших народно-хозяйственных задач.

Следовательно, необходимо разработать правовую базу нормирования допустимого воздействия на окружающую среду, экономического стимулирования хозяйствующих субъектов за снижение негативного воздействия на окружающую среду, государственного экологического контроля на федеральном и региональном уровне. Очевидно, эта работа должна носить междисциплинарный характер, и к ее выполнению должны быть привлечены специалисты РАН, водного хозяйства и других ведомств, имеющих теоретическую подготовку и практический опыт в области нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты.

### Литература

1. Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика и качество окружающей природной среды. — Л.: Гидрометеониздат, 1984. — 190 с.
2. Бардюк В.В., Стойко Л.С. К вопросу комплексной оценки качества поверхностных вод. // Научный журнал НИУ ИТМО, серия «Экономика и экологический менеджмент», 2011, вып. 2. — Электронный ресурс: [[http://economics.ihbt.ifmo.ru/ru/person/7270/bardyuk\\_v.\\_v...htm](http://economics.ihbt.ifmo.ru/ru/person/7270/bardyuk_v._v...htm)].
3. Богдановский Г.А. Химическая экология. — М.: МГУ, 1994. — 237 с.
4. Беляев С.Д. Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности. // Водное хозяйство России, 2007, № 3, с. 3–17.
5. Владимиров А.М., Иманов Ф.А. Принципы оценки экологического стока рек. // Вопросы экологии и гидрологические расчеты, 1994, вып. 116, с. 4–7.
6. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р (с изменениями от 28 декабря 2010 г.). — Электронный ресурс: [<http://правительство.рф/gov/results/7729>].
7. Водный Кодекс Российской Федерации. Принят Государственной Думой 12 апреля 2006 г. — Электронный ресурс: [[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164898/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164898/)].
8. Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. Материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. Отв. ред.: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. — 196 с.
9. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод: утв. приказом Госкомгидромета СССР от 22 сентября 1986 г.
10. Вторая Оценка трансграничных рек, озер и подземных вод. — ООН, Нью-Йорк и Женева, 2011. — Электронный ресурс: [[http://www.unec.org/ru/ru/env/water/publications/second\\_assessment.html](http://www.unec.org/ru/ru/env/water/publications/second_assessment.html)].
11. Гагарина О.В. Оценка и нормирование качества природных вод: критерии, методы, существующие проблемы. — Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2012. — 199 с. — Электронный ресурс: [<http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/10083/2012711.pdf?sequence=1>].
12. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2007 г. Под ред. Г.Е. Почеревина. — Хабаровск: РИЦ ХГАЭП, 2008. — 190 с. — Электронный ресурс: [[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9XnOJ\\_0S9JYJ:gov.khabkrai.ru/invest2.nsf/ecology\\_ru/CBD214C54C5EEA67CA25755400277B55/%24file/Titul.doc+%&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=ru](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9XnOJ_0S9JYJ:gov.khabkrai.ru/invest2.nsf/ecology_ru/CBD214C54C5EEA67CA25755400277B55/%24file/Titul.doc+%&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=ru)].
13. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза № 2000/60/ЕС от 23 октября 2000 г., устанавливающая основы для деятельности Сообщества в области водной политики. — Электронный



- ресурс: [<http://www.caresd.net/iwrm/new/doc/direct.pdf>].
14. *Иманов Ф.А., Асадов М.Я.* Оценка водных ресурсов и экологического состояния реки Самур (Восточный Кавказ). — Электронный ресурс: [<http://www.izdatgeo.ru/pdf/gipr/2011-3/156.pdf>].
  15. *Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б., Афанасьев И.А., Кияшко И.Ю.* Оценка водного потенциала территории республики Башкортостан с использованием ГИС-технологий. — Электронный ресурс: [<http://www.science-education.ru/108-8749>].
  16. *Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х.* Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям. // *Гидрохимические материалы*, 1983, т. 88, с. 119–129.
  17. *Клейн М.В.* Некоторые проблемы методического и метрологического обеспечения контроля качества водных ресурсов. // *Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследования. Труды Всероссийской научной конференции с международным участием к 70-летию географического и 20-летию экологического факультетов Казанского государственного университета. Том IV «Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие. Образование для устойчивого развития»*. — Казань: Казан. гос. ун-т., 2009, с. 121–124.
  18. *Красногорская Н.Н., Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б.* Экологическое квотирование водопотребления крупным промышленным центром и стимулирование реформинга водоемких технологий в России. // *Безопасность жизнедеятельности*, 2008, № 12, с. 21–28.
  19. *Красногорская Н.Н., Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б.* Комплексная оценка антропогенной деградации речных экосистем. Количественный аспект. — Уфа: Полиграфсервис, 2008. — 288 с.
  20. *Маркин В.Н.* Оценка экологически допустимого стока малых рек. // *Мелиорация и водное хозяйство*, 2005, № 6.
  21. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты: утв. приказом МПР России от 12.12.2007 № 328.
  22. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты (уточненная редакция): утв. МПР России 23.09.1999, с. 5–6.
  23. Методические указания по разработке СКОВО: утверждены 04.07.2007.
  24. Нормативы допустимых воздействий на экологическую систему озера Байкал (проект). — Электронный ресурс: [[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:htqq\\_xei89MJ:lake.baikal.ru/ru/baikalnorm/docs/p\\_norms\\_v.rtf+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=ru](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:htqq_xei89MJ:lake.baikal.ru/ru/baikalnorm/docs/p_norms_v.rtf+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=ru)].
  25. *Орлов В.Г.* Проблема истощения водных ресурсов и подход к ее решению. // *Сборник трудов Международной школы-конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Изменение климата и окружающей среды»*. — СПб.: РГГМУ, 2005.
  26. Правила охраны поверхностных вод. Типовые положения (утверждены Госкомприроды СССР 21 февраля 1991 г.).
  27. Руководящий документ. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям, РД 52.24.643-2002.
  28. *Селезнёва А.В., Селезнёв В.А.* Учет природных региональных особенностей при нормировании антропогенной нагрузки на водные объекты. // *Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов: материалы Объединенного Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиологического общества при РАН и Межведомственной ихтиологической комиссии*. Москва, 30 марта 2011 г. Отв. ред.: академик РАН Д.С. Павлов, член-корреспондент РАН Г.С. Розенберг, д.б.н. М.И. Шатуновский. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011, с. 167–170.
  29. *Тимошенко Л.Н.* Экологически допустимые уровни содержания химических веществ в водных объектах Вологодской области. // *Ученые записки РГГМУ*, 2013, № 33, с. 135–142.
  30. *Фащевский Б.В.* Основы экологической гидрологии. — Минск: Экоинвест, 1996. — 240 с.
  31. *Фрумин Г.Т., Тимофеева Л.А.* Трансграничные водные объекты и водосборы России: проблемы и пути решения. // *Биосфера*, 2014, № 2, т. 6, с. 118–133.
  32. *Шлычков А.П., Жданова Г.Н., Яковлева О.Г.* Использование коэффициента стока загрязняющих веществ для оценки состояния рек. // *Мониторинг*, 1996, № 2, с. 23–27.
  33. Электронный ресурс: [[http://old.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/ecology/maps/monit\\_pov\\_vod](http://old.gov.spb.ru/gov/admin/otrasl/ecology/maps/monit_pov_vod)].
  34. Электронный ресурс: [<http://primamedia.ru/news/primorye/01.07.2014/368536/primore-popalo-v-chemiy-spisok-rospotrebnozora-iz-za-gryaznogo-vo.html>].