

**Е. В. Веницианов**

## **Проблемы управления качеством воды водных объектов**

*Представлено обоснование современной концепции качества вод поверхностных водных объектов, включающей классификацию источников загрязнения (контролируемых, неконтролируемых, точечных, диффузных); имеющейся информации о них; современное представление о приоритетных загрязняющих веществах, в том числе ксенобиотиках в природных водах; учет внутриводоемных процессов, включая биохимические; современных методов анализа качества вод; новой проблеме идентификации загрязнений с использованием мировых баз данных и современных информационных технологий; методах оценки биологической активности ксенобиотиков, включая различные виды отрицательных воздействий на живые организмы; состоянии нормативно-правовой базы и проблемы ее совершенствования.*

*Ключевые слова: качество природных поверхностных вод, ксенобиотики, методы химического анализа природных вод, источники загрязнения водных объектов, внутриводоемные процессы, биологическая активность компонентов качества, нормативно-правовое обеспечение качества вод.*

### **Об авторе**

**Веницианов Евгений Викторович** — доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии, новых технологий и материалов Государственного университета «Дубна», заведующий лабораторией охраны вод ФГБУН Институт водных проблем РАН.

В Водной стратегии РФ отмечается, что «сложившийся уровень антропогенного загрязнения является одной из основных причин, вызывающих деградацию рек, водохранилищ, озерных систем, накопление в донных отложениях...».

За последние годы произошло существенное изменение концепции качества вод. На рис. 1 представлены основные компоненты оценки качества природных вод.

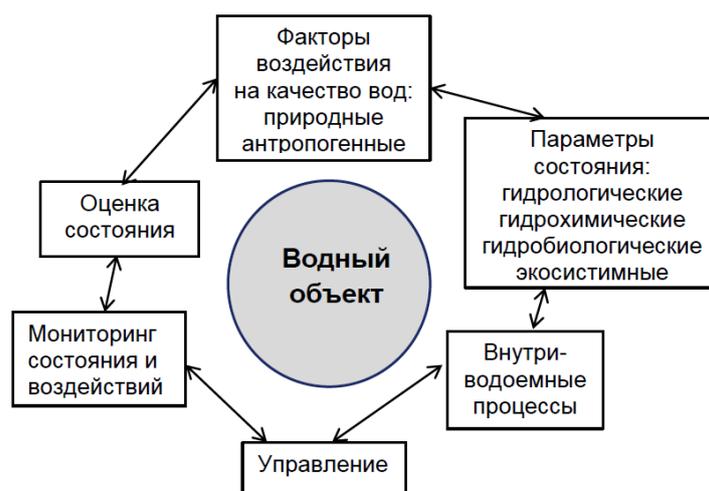


Рис. 1. Основные направления оценки качества природных вод

### Источники загрязнения

Обосновано, что основными источниками загрязнения водных объектов во многих случаях является неконтролируемый, в основном диффузный сток с территорий. Трудности регулирования диффузного стока связаны с отсутствием прямого контроля его поступления в водные объекты и апробиро-

ванных технологий охраны вод от диффузного стока. Обнаружено значительное влияние вторичных загрязнений в водоемах. Существенную роль для ряда водохозяйственных участков играет атмосферный перенос. На рис. 2 представлены основные источники информации относительно источников загрязнения.



Рис. 2. Основные источники информации относительно источников загрязнения

Требуется перестройка самой информационной системы контроля состава и объемов сбросов. Для сосредоточенных сбросов имеется один источник — годовая форма федерального статистического наблюдения № 2-ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды» [5]. Для неконтролируемых источников подобной информации нет. Единственным источником могут быть только данные Государственного гидрохимического мониторинга и наблюдения в зоне деятельности бассейновых водных управлений (вместе около 3,5 тыс. створов). Пространственно-временной структуры этих данных недостаточно для получения надежной информации о влиянии неконтролируемых, в том числе диффузных, источников на качество воды.

Оценка вклада неконтролируемых источников в загрязнение водного объекта по данным наблюдений на указанной сети мониторинга невозможна вследствие того, что нельзя одновременно учесть другой фактор

влияния — процессы самоочищения в водных объектах. При этом под самоочищением следует понимать ряд факторов: снижение концентрации за счет внутриводоемных процессов, осаждение взвесей, несущих сорбированные загрязняющие вещества, разбавление неконтролируемым латентным стоком (например, с грунтовым стоком) с территории. Если учесть вклад контролируемого стока на качество воды в водном объекте, то на основе разности показателей качества в соседних створах можно оценить неконтролируемый сток только вместе с самоочищением. Определение этих факторов в отдельности невозможно. Иногда используют опубликованные коэффициенты неконсервативности некоторых компонентов или модули стока с территорий. Однако анализ условий, при которых были получены эти характеристики, демонстрирует их неуниверсальность, зависимость от региональных факторов, так что широкое использование их не обосновано.

Существуют методики прямого определения диффузного стока и расчета коэффициентов неконсервативности компонентов, однако они весьма трудоемки и могут быть применены только к конкретным объектам (см., например, работы Н.В. Кирпичниковой [2; 3]) в результате серьезной исследовательской работы.

Корректная оценка концентраций компонентов также должна учитывать их стохастический характер. К сожалению, единственная методика, имеющая правовой статус [4], — расчет норматива допустимых воздействий, на основе которой можно было бы оценивать вероятностный характер показателей качества, имеет серьезные методические недостатки.

В соответствии с приказом Федеральной службы государственной статистики от 19 октября 2009 г. № 230 «Об утверждении статистического инструментария для организации Росводресурсами федерального статистического наблюдения об использовании воды» утверждена годовая форма федерального статистического наблюдения № 2-ТП (водхоз) «Сведения об использовании воды», которую представляют юридические лица и граждане, осуществляющие предпринимательскую деятельность, в форме самоконтроля.

В сопроводительных документах не указаны требования к методам анализа отводимых в водный объект компонентов и их статистической обработки, а также требования к обоснованности данных. Надежность этой информации вызывает серьезные сомнения.

### **Состав загрязнений**

В мире и, в том числе, в России вследствие трансформации структуры экономики все большее значение приобретает поступление в водные объекты ксенобиотиков разного типа: как органических (техническая химия, лекарства, средства гигиены, моющие средства), так и неорганических (металлы, в том числе ранее экзотические редкоземельные элементы, которые в настоящее время активно используются в элементной базе электронных устройств). Значительная часть их поступает с поверхностным стоком, но более всего — через коммунальную канализацию и далее — на коммунальные

очистные сооружения (КОС). Однако эти сооружения изначально были ориентированы на традиционные бытовые загрязняющие вещества (ЗВ). Большинство ксенобиотиков являются чуждыми биоценозу КОС и деформируются в малой степени. Попадая в водные объекты, они устойчиво мигрируют и/или накапливаются в донных осадках. Если водный объект используется не только для водоотведения, но и как источник питьевого водоснабжения (а многие водные объекты России именно такие), то возникает та же проблема: технологии водоподготовки не ориентированы на очистку от ксенобиотиков, что приводит к их появлению в питьевой воде. Другим актуальным ЗВ являются нефтепродукты, особенно в водных объектах, дренирующих территории добычи, переработки или транспортировки нефти. Отметим, что нефтепродукты являются смесью десятков углеводородов, солей металлов, в том числе редких и редкоземельных. Они отличаются токсичностью и среди них — сильные токсиканты, мутагены и пр. Поэтому в развитых странах анализируется не сумма нефтепродуктов, как в России, а индивидуальные компоненты нефти, приоритетные по влиянию на биоту и здоровье человека. Это особенно важно в связи с тем, что в водном объекте происходит фракционирование нефти, причем разные компоненты обладают различными свойствами (плотностью, окисляемостью, биodeградацией), поэтому ниже по течению видоизменяется состав так называемых нефтепродуктов [6].

Впрочем, многие другие органические ксенобиотики в водном объекте также трансформируются под влиянием окисления и взаимодействия с биотой, в основном с микроорганизмами.

### **Процессы**

Исследования последних лет показали, что водный объект представляет собой биохимический реактор, в котором важную роль играют физико-химические условия и сложившийся биоценоз. Водный объект следует рассматривать как единство водной массы и донных осадков при существенной роли водосбора. Следует отметить огромную роль гидробиоценозов в трансформации качества вод. Физико-химические условия (рН, Eh, температура, минерализация) влияют на

жизнедеятельность биоты. В частности, они способствуют развитию тех или иных групп фитопланктона (прежде всего диатомовых, зеленых и сине-зеленых). Интенсивно размножаясь при наличии в воде биогенных веществ, прежде всего минеральных форм фосфора, они определяют эвтрофикацию. Донные осадки играют роль не только как депоненты загрязнений, но и как источники вторичного загрязнения водных объектов. В последние годы выполнены работы, которые позволяют выделить макроскопические критерии, характеризующие способность водного объекта являться источником вторичных загрязнений (таблица).

#### Критерии состояния водоема для оценки вероятности вторичного загрязнения

| Критерий                                   | Процесс, характеризующий критерием  |
|--|---|
| Вертикальный градиент температуры          | Наличие термоклина, оценка перемешивания воды   |
| Вертикальный градиент содержания кислорода | Наличие придонной анаэробной зоны, выход поровых вод с высоким содержанием $Mn$ из ДО |
| Вертикальный градиент электропроводности   | Оценка внутреннего водообмена   |

Возникла новая научно-технологическая проблема — управление самоочищением, чему способствует формирование искусственного биоценоза реки путем соответствующего режима управления режимом работы ОС, влияющим на состав очищенных коммунальных сточных вод.

#### Проблемы анализа

Вследствие интенсивного развития аналитической химии значительно увеличилась чувствительность и избирательность методов, что позволяет расширить перечень измеряемых компонентов. Возникла новая проблема — идентификация компонентов пробы воды из водного объекта, априори неизвестных. В хозяйственном обороте находится перечень из десятков тысяч веществ, поэтому их идентификация возможна только с использованием современных математических методов и соответствующих баз данных. При этом следует использовать

современные методы анализа, например, варианты хромато-масс-спектрометрии, дающей в качестве исходной информации для идентификации спектры веществ, которые индивидуальны и позволяют применять методы идентификации (как при дактилоскопии). Но при этом надо иметь Базы данных тех веществ, которые могут содержаться в пробах воды. Такие базы в настоящее время созданы и доступны. Разработаны программы идентификации по спектрам индивидуальных веществ.

#### Оценка биологической активности загрязняющих веществ

Ориентация на системы нормативов качества (ПДК) не позволяет решить эту проблему. Разработка новых ПДК — трудоемкий и длительный процесс, который в принципе не позволяет решить проблему оценки воздействия ЗВ на живые организмы. Начат переход на новые методы оценки экологических рисков, основанные на решении обратных задач (оценка опасности для организмов по структуре вещества) и информационных технологиях. Разработаны соответствующие программы, позволяющие оценить вероятность проявления у конкретных веществ тех или иных видов биологической активности. Это, кроме оценки опасности контролируемого вещества для живых организмов, позволяет ввести понятие об интегративных рисках качества воды водного объекта, что может стать новой методологией оценки размеров штрафных санкций и экологического страхования.

#### Нормативно-правовое обеспечение качества

Фактически в России продолжает действовать подход к оценке качества, разработанный 70 лет назад (Строганов, Черкинский), основой которого является концепция ПДК. Введение этой концепции, основанной на единых общегосударственных ПДК для отдельных видов водопользователей, значительно упростило проблему регламентации техногенных воздействий, сводя ее в значительной мере к инженерной задаче. Однако последующий широкий опыт использования концепции единых общегосударственных ПДК показал ее существенную ограниченность. Наибольший общественный резонанс

имела крайняя неэффективность данной системы регламентации для Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Основные недостатки системы ПДК — это ее универсальность (она едина для всех водных объектов, независимо от региональных особенностей) и не учет эффектов синергизма при воздействии на организмы.

Стали активно прорабатываться системы регламентации, строящиеся на учете гидрологических, гидрохимических, гидробиологических особенностей конкретных водных объектов, т.е. наметился существенный крен в сторону подхода, исходным базисным положением которого является обеспечение устойчивого функционирования биоценоза водного объекта. В Водном кодексе РФ 2006 г. [1] (ст. 3) было зафиксировано, что «регулирование водных отношений осуществляется исходя из представления о водном объекте как о важнейшей составной части окружающей среды, среде обитания объектов животного и растительного мира (пп. 1)» и «использование водных объектов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду (пп. 2)».

Если использовать этот подход, то необходимо, в первую очередь, установление диапазонов допустимого изменения эндогенных поллютантов в рассматриваемых водных объектах на основе теории устойчивого функционирования гидробиоценозов в условиях существенной изменчивости естественных абиотических факторов. Эта выводит на необходимость введения региональных нормативов качества воды, которые должны базироваться на оценке фоновых показателей качества. Учитывая, что концентрации компонентов в водном объекте имеют стохастическую природу, при установлении этих нормативов следует ориентироваться на допустимый уровень экологического риска, который зависит, в том числе, от зонирования водных объектов. Это могут быть зоны нереста и нагула мальков ценных видов рыб; воды, в которых обитают ценные виды рыб; зоны, находящиеся под воздействием сточных вод; зоны, находящиеся под воздействием сточных вод и не относящиеся к категории рыбохозяйственных. Такое зонирование в условиях реальных антропогенных нагрузок позволило бы дифференцировать требования к качеству вод для разных

зон водного объекта. Стало очевидным, что решение объявить **все** водные объекты имеющими рыбохозяйственное значение является ошибочным. Сам термин является неконкретным. Более того, рыбохозяйственные ПДК используются при регламентации водоотведения сточных вод в водные объекты. Во-первых, это требование практически невыполнимо, поскольку фоновые концентрации часто превышают эти ПДК, во-вторых, неисполнимость этого требования приводит к волонтаризму при разработке нормативов допустимых сбросов: неисполнимость нормы приводит к нарушению разумных экологических требований к качеству сточных вод.

21.07.2014 принят Федеральный закон № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее — 219-ФЗ). Его цель — выведение природоохранной деятельности Российской Федерации на новый эффективный и сочетаемый с мировой практикой уровень государственного управления. Согласно положению ст. 4.1 219-ФЗ перечень загрязняющих веществ устанавливается Правительством Российской Федерации.

С целью реализации этого положений разработан проект Постановления Правительства РФ «О перечне загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды». Это перечень веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. В список этих веществ входят стойкие органические загрязнители (25 компонентов), загрязняющие вещества (86), микробиологические показатели (5), радионуклиды (30), физико-химические показатели (8). В частности, также нефтепродукты (нефть) как сумма компонентов.

Введение и применение Перечня напрямую связано с такими мерами государственного регулирования, как нормирование негативного воздействия на окружающую среду, платежи за негативное воздействие на окружающую среду, государственный и производственный экологический надзор и контроль, моделирование и прогноз состояния природных вод в Российской Федерации.

Очевидно, что этот перечень вновь игнорирует региональные особенности водных объектов. Возникает вопрос: каков статус веществ, не попавших в этот перечень?

Попытки перевода регламентации на федеральный уровень противоречат современному подходу к качеству воды и ее оценке, основанному на учете географических (региональных) особенностей каждого водного объекта, где осуществляется регулирование качества.

### Библиографический список

1. Водный кодекс РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ.
2. Гордин, И. В. Сравнительная оценка экологической опасности поверхностных стоков с промышленных площадок и городских территорий / И.В. Гордин, Н.В. Кирпичникова // Промышленная энергетика. – 1993. – № 1. – С. 32–39.

3. Кирпичникова, Н. В. Исследование неконтролируемых источников загрязнения (на примере Ивановского водохранилища) : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Н.В. Кирпичникова. – Москва : ИВП РАН, 1991. – 24 с.

4. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты. Утверждены приказом Министерством природных ресурсов России от 12.12.2007 № 328 (зарегистрированы в Минюсте России от 23.01.2008 г. № 10974).

5. Приказ Федеральной службы государственной статистики от 19.10.2009 г. № 230 «Об утверждении статистического инструментария для организации Росводресурсами федерального статистического наблюдения об использовании воды».

6. Avandeeva, O. P. A Toxicity Estimation System for Individual Hydrocarbons in the Monitoring Loop of Emergency Oil Spills on Water Bodies / O.P. Avandeeva [et al.] // Automation and Remote Control. – 2014. — V. 75, № 11. – P. 2023–2033.

---

*Поступила в редакцию  
15.08.2016*