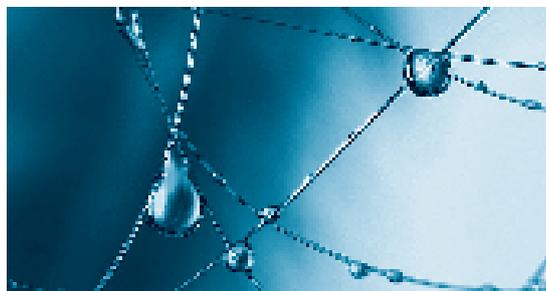


Анализ **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ** к ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Проанализированы основные методологические подходы к оценке состояния поверхностных вод. Рассмотрены рекомендации Водной Рамочной Директивы ЕС относительно определения «экологического статуса» водных объектов. Обоснована необходимость разработки не только верхних, но и нижних границ показателей в экологических классификациях поверхностных вод.



Введение

Проблема оценки качественного состояния поверхностных вод, в силу их многокомпонентности, динамичности, многообразия внутрисистемных процессов и многочисленности взаимосвязей между отдельными составляющими, относится к числу наиболее сложных и в то же время важных задач в области природопользования, т.к. от объективности информации о состоянии водных объектов во многом зависит эффективность водоохранной деятельности.

Методологической основой оценки качественного состояния поверхностных вод в настоящее время служат две основные концепции: предельно допустимых воздействий и допустимого уровня отклонений значений показателей исследуемых вод от величин, характерных для незагрязненных либо незначительно загрязненных вод. В первом случае в основе лежит рассмотрение внешнего воздействия на водную экосистему, а во втором — отклика экосистемы на это воздействие.

Результаты и их обсуждение

При использовании для оценки состояния водных объектов системы предельно допустимых воздействий, частным

А.Г. Васенко*, кандидат биологических наук, заместитель директора, Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем

А.А. Верниченко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем

Д.Ю. Верниченко-Цветков, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем

случаем которой является система предельно допустимых концентраций (**ПДК**) загрязняющих веществ, поверхностные воды рассматриваются как природный ресурс, от качества которого зависит возможность его использования для различных хозяйственных нужд. На основе системы ПДК разработаны различные варианты комплексных оценок качества поверхностных вод: разнообразные индексы и классификации [1-3]. Возможности и ограничения оценки качества вод на основе системы ПДК достаточно детально обсуждались в научной литературе [4-6], поэтому отметим лишь её основной недостаток: разработка ПДК загрязняющих веществ в лабораторных условиях на основе зависимости «доза-эффект» не учитывает всё многообразие факторов, которые влияют на ситуацию, складывающуюся в водном объекте. С целью преодоления недостатков системы ПДК в последние годы предлагаются различные её модификации, в частности, система региональных ПДК. Однако указанные нормы также не решают проблемы, т.к. они не ориентированы на соблюдение допустимого уровня изменений в функционировании водных экосистем при антропогенной нагрузке.

При оценке с экологических позиций качественного состояния поверхностных вод, последние рассматриваются как сложные, динамичные, открытые системы. Существуют два основных варианта экологической оценки качества вод.

*Адрес для корреспонденции: alexandr.vasenko@gmail.com

Таблица 1

Оценка экологического состояния водных объектов на основе экологического индекса качества вод [14]

| Класс качества вод | Величина экологического индекса качества вод (<i>EQR</i>) | Характеристика экологического состояния поверхностных вод |
|--------------------|---|---|
| 1 | 1,00-0,83 | отличное |
| 2 | 0,82-0,62 | хорошее |
| 3 | 0,61-0,41 | удовлетворительное |
| 4 | 0,40-0,20 | плохое |
| 5 | < 0,20 | очень плохое |

Первый вариант основывается на использовании экологических классификаций и разработанных на их основе индексов. В рамках данного способа оценки для каждой выделенной градации состояния вод задаются определённые диапазоны величин показателей, т.е. используется, как и в системе ПДК, достаточно жесткий критериальный подход. Примером подобных классификаций могут служить экологические классификации, предложенные в работах [7-10], а также экологическая классификация поверхностных вод, приведенная в межведомственном нормативном документе Украины [11]. К числу достоинств данного подхода следует отнести его направленность на достижение экологической безопасности, снижение риска нарушения условий воспроизводства водных ресурсов, а к недостаткам — определённую субъективность в определении границ отдельных классов, а также отсутствие четкой взаимосвязи между качественным состоянием вод и возможностью их хозяйственного использования.

Вторым вариантом является компаративный подход, основывающийся на сопоставлении показателей качества вод в исследуемом створе с аналогичными характеристиками референсного (эталонного) створа. При этом в качестве эталонного рассматривается водный объект или его участок, который не испытывает антропогенной нагрузки или она незначительна. Подобный подход признан приоритетным

в Водной Рамочной Директиве ЕС (**WFD 2000/60/ЕС**) [12]. В настоящее время он находит всё более широкое применение в водоохранной практике стран — членов ЕС, а также при анализе состояния трансграничных участков водных бассейнов в других европейских государствах [13]. Преимуществом компаративного подхода является отсутствие жесткого ограничения состава используемых показателей и их граничных значений, возможность учёта региональных и типологических особенностей функционирования водных экосистем, сезонной изменчивости параметров и др. аспектов, а недостатком — сложность установления эталонных объектов (или отдельных участков), отличающихся от исследуемых водных экосистем только уровнем антропогенной нагрузки. Согласно *WFD EC* пригодность поверхностных вод для различных видов хозяйственного использования зависит от их экологического статуса (компаративный подход) и химического статуса (критериальный подход). Определение химического статуса осуществляется на основе сопоставления содержания в исследуемых водах ряда наиболее опасных загрязняющих веществ с соответствующими допустимыми значениями. Таким образом, рекомендуется не заменять один подход другим, как это в ряде случаев предлагается отдельными исследователями, а использовать их с учётом целей осуществления оценки.

Согласно рекомендациям *WFD EC*, оценка качественного состояния поверхностных вод должна осуществляться на основе пятиуровневой экологической классификации, при этом первому классу соответствует отличное состояние, второму — хорошее, третьему — удовлетворительное, четвёртому — плохое и пятому — очень плохое. Для формализованной характеристики «экологического статуса» водных объектов рекомендуется использовать экологический индекс качества вод (*EQR*) [14]. Он рассчитывается на основе сопоставления значений показателя (или индекса) тестируемых вод (*It*) с аналогичным показателем (индексом) эталонного створа (*Irs*):

$$EQR = It/Irs. \quad (1)$$

Благодаря проведению ряда экспертных процедур, установлены следующие значения *EQR*, соответствующие определённому классу качества вод (табл. 1).

Следует отметить, что за период, прошедший после введения в действие *WFD EC*, разработан целый ряд методических руководств, конкретизирующих основные положения данного документа, а также выполнен комплекс работ по унификации применяемых методов и гармонизации способов оценивания качества вод, используемых в отдельных странах [14-17].

Своеобразным вариантом критериально-подхода к оценке качества поверхностных вод можно считать систему экологических нормативов: границ экологического благополучия (**ГЭБ**) для биологических показателей и допустимых экологических уровней (**ЭДУ**) для физико-химических параметров. Методологической основой разработки экологических нормативов является биотическая концепция [18, 19]. ГЭБ и ЭДУ устанавливаются расчетным методом на основе анализа взаимосвязей между факторами среды и биологическими компонентами (биологическими индикаторами). Использование данного направления позволяет преодолеть основные недостатки подхода, основанного на системе ПДК, т.к. экологические нормативы устанавливаются на основе данных, полученных не *in vitro*, а *in situ* на конкретных водных объектах. Снимается также задача выбора эталонных створов, которая свойственна сравнительному подходу. Остается, однако, ряд сложных вопросов методического характера, связанных с необходимостью обоснования понятия «нормы», а также разработкой

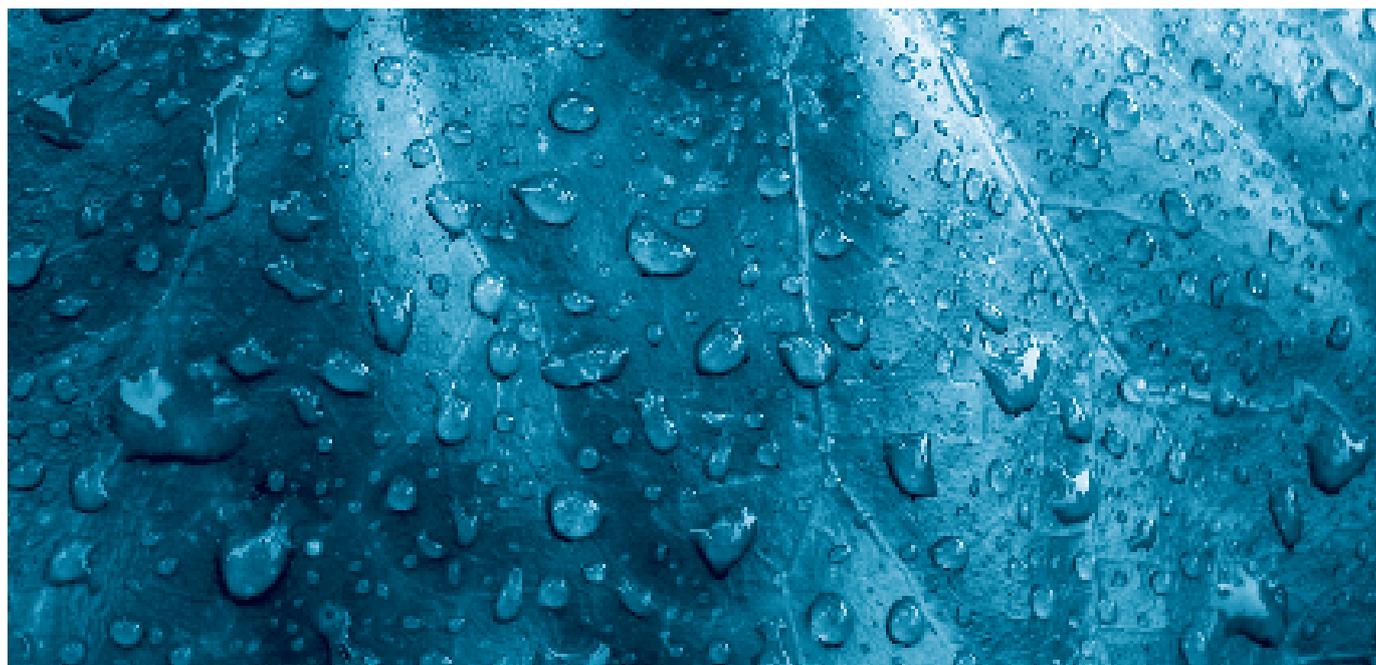
Ключевые слова: оценка качества вод, классификации, индексы

критериев выбора биологических характеристик, принимаемых за биологические индикаторы состояния системы. Кроме того, в настоящее время в большинстве случаев отсутствует необходимое правовое, технико-экономическое и информационное обеспечение функционирования системы экологического нормирования [20, 21], что затрудняет использование экологических нормативов в водохозяйственной практике.

В какой-то мере близким подходом относительно метода установления экологических нормативов можно считать способ оценки качества поверхностных вод с помощью системы *RIVPACS* (River Invertebrate Prediction and Classification System), используемый в Англии [22]. Согласно указанному способу, оценка качества вод осуществляется на основе сопоставления фактического видового состава организмов контролируемого створа с ожидаемым составом (определяемым расчетным методом) при условии отсутствия загрязнения среды.

Таким образом, можно констатировать, что поиски наиболее оптимальных путей решения проблемы объективной оценки качества поверхностных вод ведутся достаточно интенсивно, однако многие аспекты всё ещё требуют дальнейших уточнений. Это касается, в частности, предлагаемых шкал оценки качества вод.

В настоящее время при разработке ПДК, а также установлении градаций показателей качества вод в экологических классификациях используется, как правило, выс-



шая граница. Двойная оценочная шкала с верхней и нижней границами применяется лишь для таких показателей, как насыщение воды кислородом, рН и индекс самоочищения / самозагрязнения [11].

Между тем, водные объекты, как сложные экологические системы, имеют определённую зону устойчивости «нормы», т.е. того состояния, которое можно считать благоприятным с экологических и водохозяйственных позиций. Границы данной зоны определяются как верхними, так и нижними значениями параметров.

В [6] предлагается рассматривать следующие варианты изменений водных экосистем под влиянием антропогенных факторов: метаболический прогресс (повышение интенсивности метаболизма сообщества) и метаболический регресс (снижение интенсивности метаболизма сообщества). При этом выделяются три направления метаболического прогресса: с усложнением структуры сообщества (экологический прогресс), с упрощением структуры (экологический регресс) и с перестройкой структуры (экологическая модуляция). В тех случаях, когда уровень воздействия приближается к границам адаптационных возможностей биоценоза, наблюдается снижение способности системы к саморегуляции.

О наличии определенной зоны толерантности водных экосистем к внешним воздействиям свидетельствует тот факт, что допустимые значения многих гидрохимических показателей (ЭДУ), рассчитанные по видовому разнообразию фитопланктона, имеют как нижние, так и верхние границы [19]. Например, верхняя допустимая граница содержания в воде р. Дон аммонийного азота составляет 2,1, а нижняя — 0,1 мг/дм³, для фосфатов, соответственно, 0,3 и 0,1 мг/дм³, для магния — 62,0 и 30,0 мг/дм³ и т.д.

Сопоставительный анализ чистых и загрязнённых вод показал, что экологическое благополучие водных экосистем наблюдается лишь в определённом диапазоне значений антиокислительной активности воды [23], показателя (*L*), характеризующего соотношение численности лизоцимактивных и антилизоцимактивных организмов [24] и т.д.

Учитывая вышеизложенное, представляется целесообразным в экологических классификациях использовать двойную шкалу для большинства показателей. В качестве исключения следует рассматривать параметры, характеризующие содержание в экосистеме токсических веществ искусственного

происхождения, величину аккумуляции их в гидробионтах, а также численность условно патогенных и патогенных микроорганизмов. Для поиска значений верхних и нижних границ отдельных показателей качества вод можно использовать метод расчёта экологических норм [19].

Двойную шкалу целесообразно применять и для интерпретации значений экологического индекса качества вод, т.к. если не учитывать значения *EQR* выше 1, как это предлагается в [15], можно не обнаружить более слабые воздействия, которые при значительной продолжительности могут привести к неблагоприятным последствиям. Особенно актуальна проблема разработки двухуровневой шкалы для функциональных биологических показателей, таких, например, как ферментативная активность донных отложений [25], потенциальная способность вод к самоочищению [26], характеристики гомеостаза развития отдельных популяций гидробионтов [27] и др.

Использование нижней границы показателей в экологических классификациях целесообразно, прежде всего, для параметров, снижение значений которых свидетельствует об ухудшении экологической ситуации. Например, более высокие концентрации хлорофилла «а» в тестируемых водах, по сравнению с эталонным створом, свидетельствуют об эвтрофировании, а более низкие — об угнетении продукционных процессов и т.п.

Помимо уточнения шкал для отдельных показателей в экологических классификациях качества поверхностных вод, в перспективе необходимо разработать специальные шкалы для определения «экологического потенциала» искусственно созданных или существенно изменённых водных объектов. Целесообразно также дифференцировать системы экологических оценок не только для отдельных водных бассейнов, но и для разных типов водных объектов.

Заключение

В настоящее время используются два основных подхода к оценке качества поверхностных вод: критериальный и сравнительный. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Наиболее целесообразно, согласно Водной Рамочной Директиве ЕС, использовать оба указанных подхода. Новые перспективы в плане объ-

активной оценки экологического состояния поверхностных вод открывает использование метода расчета экологических норм для определения граничных значений показателей в системе экологических классификаций водных объектов. Анализ литературных источников и результаты собственных исследований авторов на разнотипных водных объектах Украины свидетельствуют о необходимости разработки в экологических классификациях двухуровневых оценочных шкал показателей качества вод, причем дифференцированно для разных параметров.

Литература

1. Комплексные оценки качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 144 с.
2. Никаноров А. М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 576 с.
3. Новиков Ю. В. Оценка качества воды по комплексным показателям / Ю. В. Новиков, С. И. Плитман, К. О. Ласточкина, Р. М. Хвастунов // Гигиена и санитария, 1984. № 11. С. 7–11.
4. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология. Методы. Критерии. Решения. / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. В 2 кн. М.: Наука, 2005. Кн. 1. 281 с.
5. Дмитриев В. В. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем / В. В. Дмитриев, Г. Т. Фруммин. СПб.: Наука, 2004. 294 с.
6. Абакумов В. А. Цели и задачи гидробиологического мониторинга пресноводных экосистем // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 5–31.
7. Единые критерии качества вод. М.: СЭВ, 1982. 69 с.
8. Оксьюк О. П. Комплексная экологическая оценка качества поверхностных вод суши / О. П. Оксьюк, В. Н. Жукинський, Л. П. Брагинский и др. // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29. № 4. С. 62–72.
9. Верниченко А. А. Экологическая классификация водотоков Украины / А. А. Верниченко, А. В. Поддашкин // Проблемы охраны вод. Харьков, 1993. С. 3–12.
10. Зинченко Т. Д. Комплексная оценка экологического состояния р. Чапаевка (по интегральному индексу) / Т. Д. Зинченко, Л. А. Выхрыстюк, В. К. Шитиков // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / Под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. М.: Наука, 2007. С. 348–356.
11. Романенко В. Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксьюк та ін. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.
12. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities, 22.12.2000. L 327/1. 118 p.
13. Управление трансграничным бассейном Днепра: суббассейн реки Припяти / Под ред. А. Г. Ободовского, А. П. Станкевича и С. А. Афанасьева. Киев: «Кафедра», 2012. 448 с.
14. European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) / Guidance document № 10 River and lakes: typology, reference conditions and classification systems. Luxembourg, 2003. 87 p.
15. BERNET CATCH Theme Report: How to define, assess and monitor the ecological status of rivers, lakes and coastal waters. Regional interpretation of EU Water Framework Directive in the Baltic Sea Catchment, 2006. 257 p.
16. European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for Water Framework Directive (2000/60/EC) / Guidance document № 5 Transitional and Coastal Water: typology, reference conditions and classification systems. Luxembourg, 2003. 107 p.
17. European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) / Guidance document № 23 Guidance document on eutrophication assessment in the context of the European water policies. Luxembourg, 2009. 136 p.
18. Булгаков Н. Г. Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга / Н. Г. Булгаков, А. П. Левич, В. Н. Максимов // Экологический мониторинг: учеб пособие. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2003. С. 93–259.
19. Левич А. П. *In situ* – технология установления локальных экологических норм / А. П. Левич, Н. Г. Булгаков, В. Н. Максимов, Д. В. Рисник // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. М.: Тов. науч. изд. КМК, 2011. С. 32–57.
20. Верниченко А. А. Концептуальные основы экологического нормирования / А. А. Верниченко, А. Г. Васенко // Проблемы охраны окружающей природной среды: Сб. науч. тр. УкрНЦОВ. Харьков: УкрНЦОВ, 1996. С. 39–53.
21. Васенко А. Г. Концепция экологического нормирования и ее реализация при решении природоохранных проблем бассейна реки Днепр // Сб. тр. междунаучно-практ. конф. «Состояние и перспективы развития экологической обстановки в бассейне реки Днепр и великих рек Центральной части России». Смоленск: Смядынь, 2001, С. 58–61.

22. Warn A. E. Assessing the performance of nation in improving river water quality: planning action for the future // Integrated Approach to Environmental Data Management Systems. Academic Publishers Printed in Netherland, 1997. P. 379-387.
23. Эрнестова Л. С. Самоочищающая способность природной воды как показатель экологического состояния водного объекта / Л. С. Эрнестова, И. В. Семёнова // Водные ресурсы 1994. Т. 21. № 2. С. 161-165.
24. Бухарин О. В. Микробиологические подходы к биоиндикации экологического состояния водных объектов / О. В. Бухарин, Н. В. Немцева, А. О. Плотников, Т. Н. Яценко-Степанова // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. / Под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. М.: Наука, 2007. С. 33-62.
25. Верниченко-Цветков Д. Ю. Фосфатазная активность донных отложений Северского Донца (в пределах Харьковской обл.) // Гидробиол. журн. 2008. Т. 44. № 5. С. 69-77.
26. Верниченко-Цветков Д. Ю. Потенциальная способность поверхностных вод к самоочищению // Естественные и технические науки. 2006, № 1 (21). С. 106-108.
27. Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов и др. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

A.G. Vasenko, A.A. Vernichenko, D.Yu. Vernichenko-Tsvetkov

ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO WATER QUALITY ASSESSMENT OF SURFACE WATER

Basic methodological approaches to water quality assessment of surface water were analyzed. Recommendations of EU Water Framework Directive were reviewed for «ecological status» determination for water objects. Necessity of development of lower as well as upper indexes limits of ecological classifications of surface water was demonstrated.

Key words: water quality assessment, classification, indexes