

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. А. Верниченко,

Д. Ю. Верниченко-Цветков

Украинский научно-исследовательский
институт экологических проблем
г. Харьков, ул. Бакулина, 6
E-mail: Ukrniiep@Kharkov.com

Рассматривается отечественный и зарубежный опыт обобщения гидрохимической и гидробиологической информации о качестве поверхностных вод. Анализируются возможности и ограничения отдельных методов комплексной оценки экологического благополучия водных экосистем. Приводятся результаты использования ряда экологических индексов для характеристики динамики состояния поверхностных вод бассейна Днепра за последние десять лет и выдвигаются предложения по совершенствованию методов обработки экологической информации.

Существующая система оценки качества поверхностных вод строится на сравнении измеренных значений показателей качества воды с их нормативными (предельно допустимыми) величинами. На основе такого сравнения делается вывод о пригодности или непригодности анализируемых вод для определенных водохозяйственных целей. Таким образом, весь спектр возможных состояний экосистем исследуемых водных объектов при оценке по этой схеме сводится всего лишь к двум возможным значениям: удовлетворительное или неудовлетворительное.

Подобный подход удобен в юридической практике, оправдывает себя и при решении ряда частных водохозяйственных задач, но недостаточен при экологическом управлении использованием и охраной водных ресурсов, при прогнозировании изменений экологического состояния поверхностных вод, а также при организации экологического мониторинга на водосемах и водотоках.

Возможность решения проблемы более дифференцированной оценки качества природных вод на основе той же информационной базы предоставляет использование таких методов "свертки" экологических данных, как использование классификаций и формирование комплексных численных оценок (индексов качества воды). Существуют также и объединенные варианты, когда класс качества устанавливается по данным

вычисления специального индекса или индекс рассчитывается на основе использования соответствующей классификации.

Предложенные к настоящему моменту классификации водных объектов отличаются по целому ряду признаков:

- по принципам, которые положены в основу их построения:
 - классификации, которые основываются на оценке степени загрязненности природных вод;
 - классификации, которые базируются на анализе пригодности вод для определенных видов водопользования;
 - классификации, которые характеризуют экологическое состояние водных объектов;
- по методам формирования отдельных классов качества:
 - авторитарно, на основе обобщения большого объема натуральных наблюдений на разных водных объектах;
 - на базе использования экспериментально установленных предельно допустимых значений;
 - с помощью разных математических методов: корреляционного, регрессионного, кластерного анализа и т.п.;
- по способам агрегации данных:
 - по превалирующему классу среди показателей, которые контролируются;
 - по наихудшему;
 - с использованием определенной процедуры усреднения (вычисляется среднее, специальный индекс и т.д.)
- по степени разработанности и апробированности, области использования, объему необходимых данных, возможности автоматизации сбора и обработки данных и т.п..

На данный момент отсутствует строгая методологическая и методическая основа формирования классификаций водных объектов.

Как наиболее перспективные, могут быть выделены экологические классификации поверхностных вод, разрабатываемые с помощью многомерной статистики и использующие гидрохимические, гидробиологические, микробиологические, биохимические, кинетические и токсикологические данные.

Большое количество предложенных классификаций водных объектов привело к необходимости выполнения специального комплекса работ по их унификации на единой методической основе, что и было выполнено в 1998-1999 годах специалистами трех институтов: УкрНИИЭП, ИГБ НАН У, УкрНИИВЭП в рамках гранта Фонда Институционального развития Мирового банка.

Комплексные численные оценки качества поверхностных вод столь же разнообразны, как и экологические классификации поверхностных вод. Условно их можно подразделить на такие группы:

- По назначению:

- позволяющие решать частные задачи;
- созданные для решения общих задач.

К первой группе можно отнести комплексные оценки, разработанные для представления результатов биологического анализа вод, оценки загрязненности рек металлами, определение существующих потенциалов самоочищения, оценки степени эвтрофирования водных объектов и др. Ко второй группе относятся комплексные оценки, которые характеризуют общее состояние водных объектов, например индекс качества воды, коэффициент загрязненности, обобщенный показатель качества вод, индекс потенциального загрязнения и др. Интересны и такие разработки, как коэффициент использования разбавляющей способности поверхностных вод, динамические оценки загрязненности водотоков и др.

- По принципам, взятым за основу построения:

- характеризующие загрязненность вод, как природного ресурса (с позиций отдельных видов водопользования);
- базирующиеся на анализе благополучия вод как экосистем.

Любую из этих групп можно подразделить по характеру обобщения информации: в пространстве и во времени, по компонентному составу, по группам веществ с определенными лимитирующими признаками вредности и т.д.

- По средству выбора эталона:

- базирующиеся на использовании каких либо официально утвержденных норм;
- опирающиеся на обобщение определенного практического опыта;
- использующие ряд математических методов, в частности теории распознавания образов, информационно-логического анализа и т.д.

Преимуществом оценок первой группы является возможность их использования для решения многих практических задач, однако такие оценки не позволяют дифференцировать состояние вод, состав и свойства которых отвечают установленным нормам; комплексные оценки второй группы, как правило, более объективны и чувствительны к уровню антропогенной нагрузки, тем не менее их нельзя использовать в организационных целях: оценки третьей группы имеют большей частью высокий уровень обоснованности и достоверности, однако они пока что малочисленны, недостаточно апробированы и не доведены до уровня нормативных документов.

Следует отметить, что каждая агрегация данных приводит к определенной потере информации, однако при этом появляются новые интегральные характеристики, которые расширяют возможность практического использования сведений о качественном состоянии водных ресурсов.

Комплексные оценки качества вод отличаются и по методам свертывания информации.

Основные виды функций, которые используются для обобщения частных оценок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные виды функций, которые используются для обобщения частных оценок качества вод

Название функции	Вид функции
1	2
Среднеарифметическая средневзвешенная функция	$ИКВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i$ <p>где: w_i - значение частного индекса для i-го параметра; n - число параметров</p>
Модифицированная среднеарифметическая средневзвешенная функция	$ИКВ = \frac{1}{100} \left \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \right ^2$
Среднеарифметическая взвешенная функция	$ИКВ = \sum_{i=1}^n \beta_i w_i$ <p>где: β_i - весовой коэффициент i-го параметра</p>
Модифицированная среднеарифметическая взвешенная функция	$ИКВ = \frac{1}{100} \left \sum_{i=1}^n \beta_i w_i \right ^2$

1	2
Среднеарифметическая взвешенная функция с использованием мультипликативной штрафной функции	$\text{ИКВ} = \sum_{i=1}^n \varphi_i w_i \prod_{j=1}^m \vartheta_j$ <p>где: ϑ_j - штрафная функция</p>
Среднегеометрическая невзвешенная функция	$\text{ИКВ} = \left \prod_{i=1}^n w_i \right ^{1/n}$
Среднегеометрическая взвешенная функция	$\text{ИКВ} = \left \prod_{i=1}^n w_i^{\varphi_i} \right $
Модифицированная среднегеометрическая взвешенная функция	$\text{ИКВ} = \left \prod_{i=1}^n w_i^{\varphi_i} \right ^{1/\varphi_i}$
Среднегармоническая функция	$\text{ИКВ} = \left \sum_{i=1}^n 1/w_i \right ^{1/2}$

Большое многообразие предложенных классификаций и комплексных оценок качества поверхностных вод свидетельствует о сложности проблемы, многоплановости запросов водоохранной практики к экологической информации и недостаточной разработанности общеметодологической базы формирования оценок. В результате сопоставительного анализа ряда комплексных оценок качества вод были предложены критерии проверки их эффективности. Сформулирован ряд требований к комплексным оценкам:

- 1- Монотонность: с увеличением концентрации загрязняющих веществ оценка должна увеличиваться;
- 2- Повышенная чувствительность к особенно опасным уровням загрязнения даже по одному ингредиенту;
- 3- Использование установленных нормативов в оценках, которые должны использоваться для решения практических задач;
- 4- Нарушение норм даже по одному показателю не должно компенсироваться изменением в границах нормы других.

Достаточно известными комплексными оценками, характеризующими в целом состояние анализируемого водного объекта или его участка, являются, например, индекс качества вод - ИКВ (США), коэффициент загрязненности вод - КЗ (Украина), показатель химического загрязнения - ПХЗ 10 (Россия) и ряд других [1-5]. Однако, большинство подобных оценок все же ориентировано в основном на чисто водохозяйственные задачи. При переходе на позиции экологического управления водными ресурсами в Украине возникла необходимость в нормативном документе по комплексной оценке состояния водных объектов с экологических позиций.

Методика такой оценки была разработана совместно специалистами УкрНИИЭП, ИГБ НАН У и УкрНИИВЭП. Соответствующий нормативный документ был утвержден в 1998 году Минэкобезопасности, Минводхозом и Госкомгидрометом и является в Украине первым межведомственным документом в этой области.

Классификация поверхностных вод, которая изложена в указанном нормативном документе, основана на экосистемном подходе. Необходимая полнота и объективность оценки достигается достаточно широким набором показателей, которые отражают особенности абиотической и биотической составляющих водных экосистем.

Комплекс характеристик, используемых для оценки качества вод, включает общие и специфические показатели. Общие показатели, к которым относятся параметры солевого состава и трофо-сапробности, характеризуют обычные, присущие водным экосистемам, ингредиенты, концентрация которых может изменяться под влиянием антропогенной нагрузки. Специфические параметры характеризуют присутствие в воде загрязняющих веществ токсического и радиационного действия.

Система экологической классификации качества поверхностных вод включает три группы специализированных классификаций: группа классификаций на основе критериев солевого состава, группа классификаций по трофо-сапробиологическим (эколого-санитарным) показателям и группа классификаций на основе критериев содержания специфических веществ токсического и радиационного действия, а также результатов биотестирования.

Все классификационные системы

рассматриваемой экологической классификации качества поверхностных вод построены по одному принципу: подразделяют воду на пять классов, которые, в свою очередь, подразделяются на семь категорий.

Процедура выполнения экологической оценки качества поверхностных вод состоит из четырех последовательных этапов, а именно:

- этапа группирования и обработки исходных данных;
- этапа определения классов и категорий качества воды по отдельным показателям;
- этапа обобщения оценок качества воды по отдельным блокам с определением интегральных значений классов и категорий качества воды и расчетом соответствующих индексов;
- этапа определения интегральной оценки качества воды (с определением классов и категорий) водного объекта в целом или его участка.

Интегральная оценка экологического состояния поверхностных вод – экологический индекс рассчитывается, как среднее арифметическое блоковых индексов. Поэтапная группировка отдельных показателей имеет ряд преимуществ: она позволяет более дифференцировано оценивать

качество вод, дает возможность оценки по одному из блоков при отсутствии данных для общей оценки и т.д. Окончательная информация по большому числу створов может быть представлена графически или картографически, обобщена при помощи стандартных статистических методов и т.п. Следует отметить, что экологическая классификация поверхностных вод Украины, предложенная в нормативном документе "Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями" (1998) [6] полностью отвечает рекомендациям Основной (рамочной) директивы ЕС (2000).

На основе изложенного в методик алгоритма специалистами УкрНИИЭП, была составлена расчетная программа и выполнена оценка динамики экологического состояния водных объектов бассейна Днепра на территории Украины по данным регулярных наблюдений на сети Госкомгидромета. В ходе этой работы проанализировано 220 створов по 50 показателям, за период с 1987 по 1999 годы и в ретроспективе – с 1947 по 1963 годы для выявления тенденций изменения состояния отдельных водных объектов и их участков.

Результаты оценки изменения качества поверхностных вод бассейна Днепра в 1992 году по сравнению с 1987 годом представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

Анализ динамики экологического состояния основных притоков Днепра по блоковым индексам

Количество пунктов определенного класса качества вод, в % от их общего количества	По средним значениям						По наихудшим значениям					
	1987			1992			1987			1992		
	I _с	I _{тр}	I _{токс}	I _с	I _{тр}	I _{токс}	I _с	I _{тр}	I _{токс}	I _с	I _{тр}	I _{токс}
I класс, отличное состояние	1,8	0	0	4,8	0	0	0	0	0	1,0	0	0
II класс, хорошее состояние	73,4	3,7	66,1	60,2	6,8	35,0	50,4	1,8	15,6	58,2	0	8,7
III класс, удовлетворительное состояние	3,7	96,3	33,9	23,3	91,3	64,0	24,7	26,7	82,6	4,7	63,0	61,2
IV класс, плохое состояние	8,3	0	0	2,9	1,9	0	5,5	65,1	1,8	18,4	36,0	27,2
V класс, плохое состояние	12,8	0	0	8,8	0	1,0	19,4	5,5	0	10,7	1,0	2,9
Количество пунктов, в которых состояние воды характеризуется 3-5 классом, в % от их общего числа.	24,8	96,3	33,9	35,0	93,2	65,0	49,6	98,2	84,4	40,8	100,0	91,3

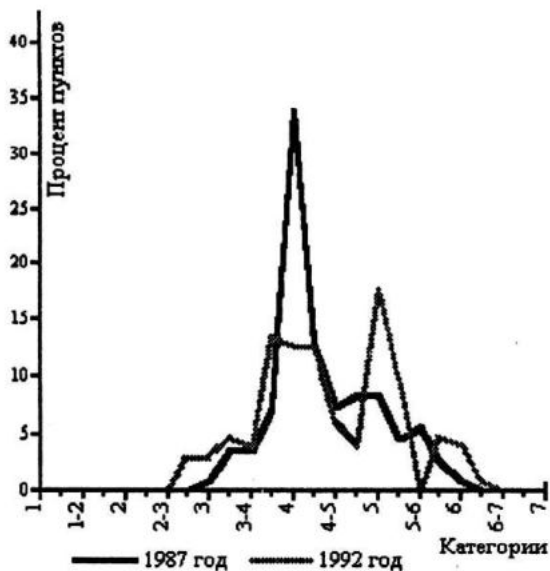


Рис. 1. Экологическая оценка качества воды водотоков бассейна Днепра. 1987 и 1992 гг.

Результаты экологической оценки качества воды, выполненной на основе рассмотренного нормативного документа, свидетельствуют о том, что экологическое состояние водотоков бассейна в целом в 1987 году было более благоприятным, чем в 1992 году.

Так, в 1987 году, в 37,6% створов бассейна Днепра качество воды, согласно экологическому индексу, рассчитанному на основе средних значений показателей, можно было отнести к III категории "достаточно чистые воды"; а в 1992 году количество створов, в которых качество воды отвечало указанной категории, составляло всего 17,5%. Соответственно, согласно экологическому индексу, рассчитанному по наихудшим значениям показателей, 1987 году в большинстве створов (49,5%) воду можно было отнести к III-IV категории качества, а в 1992 году в 52,4% створов – к IV-V категории.

Расчеты статистической достоверности, что изменения в качестве воды в 1992 году действительно имели место, были выполнены по методике А.Е. Уарн (1997). Они показали, что по сравнению с 1987 годом экологическое состояние ухудшилось в 39,8% створов (на I категорию – в 25,5% створов, на 2 категорию – в 11,2% створов и на 3 категорию в 2,2% створов); осталось без изменения в 32,7% створов и незначительно улучшилось в 28,4% створов.

В процессе апробации рассматриваемой методики экологической оценки качества поверхностных вод, выявились как ее достоинства, так и недостатки. Так, расчет экологического индекса, как среднего арифметического блоковых индексов в ряде случаев не позволяет отразить в оценке наличие "плохих" значений по ряду

показателей.

Целесообразно было бы, учитывая зарубежный опыт, расширить состав биологических показателей, включенных в экологическую классификацию, за счет сокращения химических.

Учитывая специфику внутриводоемных процессов, следует дифференцировать экологическую классификацию для водотоков и водоемов, а также для прибрежных вод морей.

В настоящее время экологическая классификация поверхностных вод имеет существенное значение для управления водными ресурсами. Это связано со ст. 37 Водного кодекса, в которой указывается, что "для оценки экологического благополучия водных объектов и определения комплекса водоохраных мер устанавливается экологический норматив качества воды. При этом степень загрязненности водных объектов определяется соответствующими категориями качества воды". Основой разработки экологических нормативов качества воды и оценки уровня загрязненности поверхностных вод призвана служить экологическая классификация водных объектов, поэтому задача ее совершенствования является весьма актуальной.

Литература

1. Единые критерии качества вод. М: СРВО СЭВ, 1982.- 66с.
2. Верниченко А.А., Поддашкин А.В. Способы обобщения экологической информации о состоянии поверхностных вод. // Комплексные водоохранные мероприятия / Сб.науч.трудов. Харьков, 1991.- С. 10-17.
3. River water quality. Ecological Assessment and Control. EUR 1406 EN-FR.- ISBN 92-826-2929- 5/ESCSN-EEC-EAEC, Brussels, 1992.- 752p.
4. Комплексные оценки качества природных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1984.- 140с.
5. Monitoring Water Quality in the Future.vol. 3: Biomonitoring.: Bilthoven The Netherlands. 1995.-83p.
6. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін., Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями К., Символ-Т. 1998.- 28 с.