

УДК 556,531:556,18:311;

Л.А. Ковальчук, Н.Н. Осадчая, В.И. Осадчий

## **ВЕРОЯТНОСТНО - СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПО КАТЕГОРИЯМ**

Предложена методика и разработан алгоритм оценивания качества поверхностных вод на основе идентификации законов статистических распределений концентраций гидрохимических компонентов. Выполнен расчёт вероятностей категорий качества воды и верификация их оценивания на примере поверхностных вод бассейна Дуная и рек Приазовья.

### **Состояние проблемы**

Проблема оценки качества поверхностных вод до настоящего времени не утратила своей остроты. Сложность задачи связана с одновременным присутствием в воде большого количества растворенных компонентов, существенно различающихся как по их концентрации, так и по токсическому воздействию на живые организмы. На сегодня разработаны различные методические приемы оценки качества воды, но приоритет отдан экологическому подходу, рассматривающему водный объект как составную часть водной экосистемы в условиях ее нормального существования. Первая попытка реализации экологического подхода осуществлена в межведомственном нормативном документе [3], вступившем в действие в 1999 г. Методика представляет собой три группы классификаций поверхностных вод по солевым, эколого-санитарным, токсическим и радиационным показателям. Каждая классификация разделяет качество воды по диапазонам концентраций загрязняющих компонентов на 5 классов и 7 категорий: от отличного до очень плохого состояния. Расчет индексов качества производится как среднее арифметическое средних (максимальных) величин элементарных признаков. Обобщающие признаки воды для минерализации, трофосапробиологических показателей и веществ токсического действия также рассчитываются как среднее арифметическое индивидуальных показателей и зачастую являются дробными числами, что вносит элемент неопределённости. Вопрос достоверности определения качества воды в нормативном документе [3] не обсуждается.

Проблема достоверного оценивания качества поверхностных вод сложна тем, что она не может быть решена традиционно – методами математической статистики, поскольку законы статистических распределений концентраций биотических и минеральных компонентов природных вод существенно отличаются от уже изученных распределений. Как следствие, до настоящего времени отсутствуют достоверные эмпирические зависимости индексов качества воды от концентраций исходных показателей. В связи с этим очевидна необходимость модификации экологического оценивания качества воды по категориям.

Для достижения поставленной цели нами использовано вероятностно–статистическое моделирование, потребовавшее решения следующих задач:

- выявить основные ограничения вероятностного моделирования распределения концентраций растворенных веществ во времени и определить условия замены вероятностных моделей их эмпирическими аналогами;
- разработать алгоритм идентификации вероятностно-статистических моделей гидрохимических компонентов;
- идентифицировать законы статистических распределений гидрохимических показателей и определить их параметры;
- рассчитать вероятности качества воды по категориям для отдельных показателей, а также интегральную вероятность для блока показателей;
- сопоставить результаты оценивания качества воды посредством традиционной и вероятностно модифицированной методик.

### **Материал и методика**

В основу исследования положены материалы гидрохимических наблюдений, полученные на стационарной сети Государственной гидрометеорологической службы Украины за последние 30 лет. В качестве расчетных выбраны пункты наблюдений в бассейнах Дуная (суббассейны Тисы и Прута) и рек Приазовья, расположенных в различных физико-географических зонах и существенно отличающихся по своему химическому составу. Рассмотрены концентрации растворенных форм железа (Fe), меди (Cu) и цинка (Zn) при общем количестве измерений каждого из них соответственно 423, 426, 400.

Методическая часть включала четыре этапа. На первом этапе для выявления границ применимости вероятностного моделирования в задаче

распределения концентраций загрязняющих веществ во времени, сложившиеся представления о концентрациях были изложены в теоретико-множественных понятиях [2, 4].

В качестве элементарного исхода  $(k_{z, i, \varphi, \lambda})$  случайного поступления в водный объект Fe, Cu, Zn принимали концентрацию отмеченных веществ  $Z_{(Fe, Cu, Zn)}$  в фиксированный сезон  $i$  с координатной привязкой  $(\varphi, \lambda)$  станции государственной сети контроля качества поверхностных вод. Далее концентрации железа, меди и цинка на каждой станции  $(\varphi_n, \lambda_n)$  за период наблюдений рассматривались как счётные множества, дискретных, независимых, случайных событий:

$$\Omega_{Fe, \varphi, \lambda, i}, \Omega_{Cu, \varphi, \lambda, i}, \Omega_{Zn, \varphi, \lambda, i}$$

и полагалось, что каждому элементарному исходу свойственна вероятность от 0 до 1:

$$\begin{aligned} P: \Omega_{Fe, \varphi, \lambda, i} &\rightarrow [0, 1]; \\ P: \Omega_{Cu, \varphi, \lambda, i} &\rightarrow [0, 1]; \\ P: \Omega_{Zn, \varphi, \lambda, i} &\rightarrow [0, 1]. \end{aligned} \quad (1)$$

Принятая посылка позволяет осуществить переход от теоретических вероятностных моделей к эмпирическим моделям. Действительно, в результате регулярных измерений концентраций загрязняющих веществ на станциях формируются случайные величины концентраций загрязняющих веществ:  $\xi_{z, i, \varphi, \lambda} = \xi(k_{z, i, \varphi, \lambda})$  – однозначные действительные функции; при этом статистическим распределениям  $\xi(k_{z, i, \varphi, \lambda})$  свойственно, в силу условия (1), чтобы:

$$\sum_{i=1}^n p_{i, z, \varphi, \lambda} = 1. \quad (2)$$

Следовательно, вероятностным моделям концентраций загрязняющих веществ  $Z_{(Fe, Cu, Zn)}$  на станциях тождественны их эмпирические аналоги, т.е. эмпирические функции статистических распределений измеренных концентраций загрязняющих веществ, идентифицированных на векторах исходных данных:  $\xi_z = (\xi_{z1}, \dots, \xi_{zN})$ , но только в том случае если выполняется условие (2).

На втором этапе идентифицированы законы и определены параметры статистических распределений измеренных концентраций  $\xi_z$  посредством аналитической модели [6]:

$$p(\xi) = \frac{\alpha}{2\lambda\sigma\Gamma(1/\alpha)} \exp\left(-\left|\frac{\xi - \Xi_u}{\lambda\sigma}\right|^\alpha\right), \quad (3)$$

где  $\lambda = \sqrt{\frac{\Gamma(1/\alpha)}{\Gamma(3/\alpha)}}$ ,  $\sigma$  – стандартное отклонение,

$\Xi_u$  – координата центра распределения,  $\alpha$  – некоторая характеристика, постоянная для анализируемого статистического распределения, которая однозначно определяет параметр формы экспоненциальных распределений – эксцесс ( $\varepsilon$ ):

$$\varepsilon = \Gamma(1/\alpha)\Gamma(5/\alpha) / [\Gamma(3/\alpha)]^2, \quad (4)$$

где  $\Gamma()$  – гамма-функция:  $\Gamma(z) = \int_0^\infty e^{-t} t^{z-1} dt$  (при  $\text{Re } z > 0$ ).

Если  $\alpha = 1$ , то распределение соответствует островершинному распределению Лапласа с пологими спадами, при  $\alpha = 2$  – нормальному колоколоподобному распределению Гаусса, и при  $\alpha > 2$  проявляются трапецеидальные или равномерные распределения, при  $\alpha < 1$  условие (2) не выполняется и аналитическое выражение (3) не может служить плотностью вероятностей.

На третьем этапе для каждой станции вычислены вероятности категорий качества воды элементарных показателей, а также обобщающие вероятности групп ингредиентов. Категории качества воды (отличная, очень хорошая, хорошая, удовлетворительная, посредственная, плохая, очень плохая) соответствуют граничным условиям, приведенным в [3]. Вероятности категорий качества воды рассчитаны посредством интегралов вероятностей не превышения загрязнением граничных концентраций категорий, т.е. как разности между интегралами вероятностей соседних категорий. Вероятности категорий качества воды для блока загрязняющих ингредиентов определялись в два этапа: сначала вычислялись произведения интегралов вероятностей по категориям загрязняющих веществ, а затем вычислялись разности произведений интегралов вероятностей по категориям, а именно: от произведения интегралов вероятностей последующей категории вычитались произведения интегралов вероятностей предыдущей категории.

Критерием достоверности оценивания качества воды для отдельного компонента служит полный интеграл вероятностей, рассчитанный для

всего диапазона его концентраций. Величина такого интеграла должна равняться 1. Как правило, на практике полный интеграл вероятностей отклоняется от 1 на сотые или тысячные доли. При значительной асимметрии статистического распределения возможны отклонения и на десятые доли. В таком случае интегральную погрешность оценивания качества воды, составившую несколько процентов, относили к худшей категории качества воды.

### Обсуждение результатов исследования

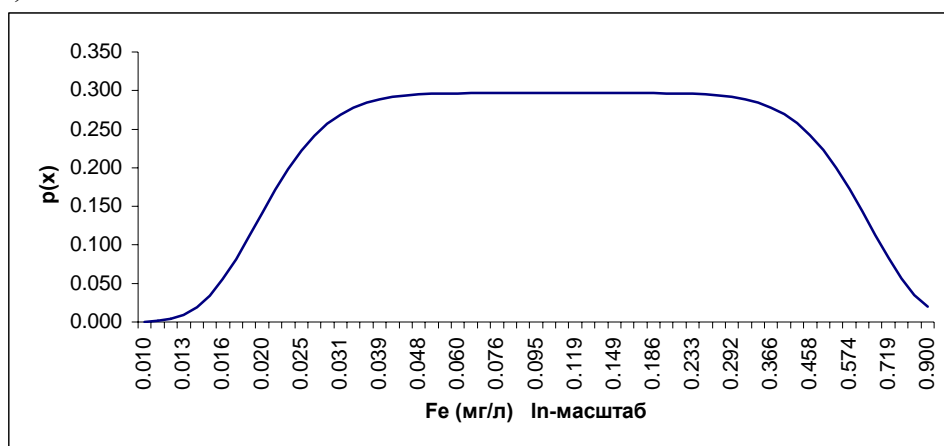
В результате предварительного статистического анализа было установлено, что гистограммы статистических распределений логарифмированных значений концентраций железа, меди и цинка в поверхностных водах бассейна Дуная и рек Приазовья имеют куполообразный вид, а измеренные значения концентраций на станциях отражают в пределах стандартных погрешностей все возможные реализации концентраций за период исследований. Выявлено, что законы статистических распределений логарифмов концентраций Fe, Cu и Zn ( $\ln_{(Fe)}$ ,  $\ln_{(Cu)}$ ,  $\ln_{(Zn)}$ ) на отдельных станциях различаются, о чём свидетельствует параметр формы распределения  $\alpha$  (табл. 1).

Таблица 1

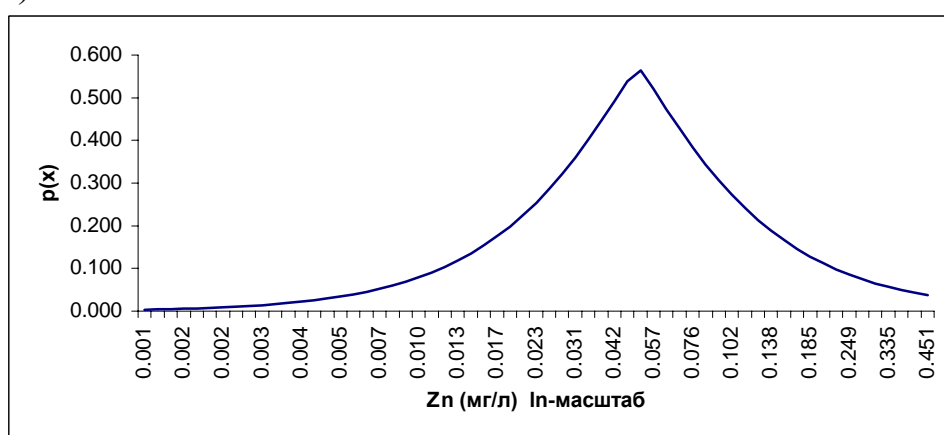
Параметр  $\alpha$  формы статистических распределений концентраций Fe, Cu и Zn в воде рек бассейна Дуная и Приазовья

Река	Пункт	$\alpha$		
		Железо	Медь	Цинк
<b>Бассейн Дуная</b>				
Уж	г. Перечин	2,485	2,938	1,308
Латорица	с. Подполозье	1,426	1,644	9,856
Рика	пгт Межгорье	1,197	6,892	1,716
Чёрная Тисса	пгт Ясина	2,130	2,418	3,798
Прут	г. Яремча	2,823	1,097	2,528
<b>Реки Приазовья</b>				
Кальмиус	г. Донецк	2,663	<b>2,019</b>	2,227
Булавин	г. Енакиево	1,670	2,397	<b>1,161</b>
Молочная	г. Токмак	<b>6,695</b>	4,982	28,373
Кальчик	с.Кременевка	2,620	0,883	144,853

а)



б)



в)

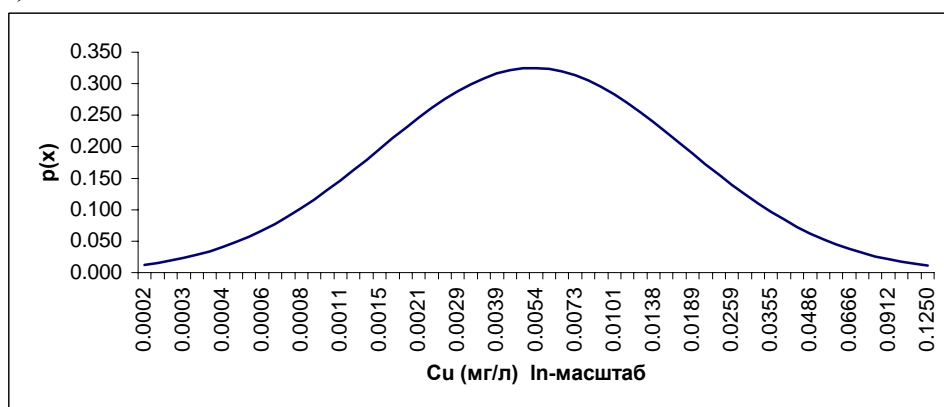


Рис. 1. Плотность вероятности  $p(x)$  концентраций: а) железа в воде р.Молочная, г. Токмак; б) цинка в воде р. Булавин, г. Енакиево; в) меди в воде р. Кальмиус, г. Донецк

Например, статистическое распределение концентраций Fe в воде реки Молочной описывается симметричным логарифмически трапециидальным законом при  $\alpha = 6,69$  (рис. 1а), тогда как

статистическому распределению концентраций Zn в воде р. Булавин характерен асимметричный логарифмически экспоненциальный закон при  $\alpha = 1,16$  (рис. 1б). В то же время, статистическому распределению концентраций Cu в воде р. Кальмиус свойственно логарифмически нормальное распределение при  $\alpha = 2,02$  (рис. 1в).

Таблица 2

Достоверность оценивания качества воды (интеграл вероятностей), количество измерений с нулевыми значениями, общее количество измерений концентраций железа, меди и цинка

Река, пункт	Железо			Медь			Цинк		
	Интеграл вероятностей	Количество значений		Интеграл вероятностей	Количество значений		Интеграл вероятностей	Количество значений	
		нулевых	общее		нулевых	общее		нулевых	общее
<b>Бассейн Дуная</b>									
р.Уж, г.Перечин	<b>0,967</b>	0	36	<b>0,943</b>	7	36	0,909	1	36
р.Латорица, с.Подпольье	0,951	0	19	0,944	3	23	<b>0,960</b>	0	22
р.Рика, пгт Межгорье	0,952	0	20	0,943	23	18	0,870	0	16
р.Чёрная Тиса, пгт Ясина	0,952	2	26	0,881	14	31	0,917	8	31
р.Прут, г.Яремча	0,962	1	49	0,929	13	53	0,896	9	57
<b>Реки Приазовья</b>									
р.Кальмиус, г. Донецк	0,986	1	108	<b>0,991</b>	9	106	0,989	3	108
р.Булавин, г.Енакиево	0,961	0	89	0,988	6	87	<b>0,977</b>	2	62
р.Молочная, г.Токмак	<b>0,999</b>	0	62	0,944	14	63	0,996	7	59
р.Кальчик, Кременевка	0,830	6	14	0,853	2	9	0,647	4	9

Расчет достоверности оценивания качества воды, представленный в табл. 2, свидетельствует, что исследуемая характеристика изменяется в незначительных пределах. Так, в бассейне Дуная достоверность оценивания качества воды по железу колеблется от 0,951 до 0,967; по меди – от 0,881 до 0,943; по цинку – от 0,870 до 0,960.

В реках Приазовья достоверность оценивания была выше по сравнению с реками бассейна Дуная и достигла для железа 0,961-0,999; для меди – 0,944-0,991; для цинка – 0,977-0,996. Исключение составила р. Кальчик, низкий показатель достоверности оценивания качества воды в которой, на наш взгляд, обусловлен предельно малым количеством измеренных не нулевых значений концентраций веществ, что резко ухудшает достоверность оценивания статистических параметров. Это очевидно на примере цинка: при общем количестве измерений 9, нулевых значениях 4 и ненулевых значениях 5 достоверность оценивания составила 0,647.

Если статистическое распределение гидрохимических показателей симметрично, то достоверность оценивания сохраняется высокой. Например, достоверность оценивания качества воды в р. Молочная по железу составляет 0,999 при трапециидальном распределении (рис. 1а), а в р. Кальмиус по меди – 0,991 при пологом куполоподобном распределении (рис. 1в). Наличие асимметрии в статистическом распределении концентраций цинка понижает достоверность оценивания до 0,977 (рис. 1б).

Распределение вероятностей качества воды по различным категориям в исследуемых объектах представлено в таблицах 3 и 4. Категорию качества воды принимали такой, величина вероятности которой была максимальной. Необходимо отметить, что в большинстве случаев наблюдаемые воды относились к III классу 4 категории, что соответствовало по состоянию удовлетворительным водам.

В отдельных случаях наблюдалась высокая вероятность более плохого качества воды. Так, в воде р. Латорицы загрязнение воды медью достигало 5-той категории, что соответствует посредственному состоянию воды. В то же время в водах рек Черная Тиса, Прут, Молочная и Кальчик по отдельным металлам отличное состояние воды (I класс, 1 категория).

Как известно, загрязнение поверхностных вод металлами обусловлено их диффузионным и точечным поступлением. Если первое связано преимущественно с природными процессами, то второе – с антропогенным воздействием. Состояние воды одного и того же речного бассейна более высокого качества можно считать фоновым, тогда как ухудшение качества (более высокая категория), несомненно, связано с антропогенными сбросами.



Таблица 3

Вероятности качества воды по категориям в реках бассейна Дуная по отдельным специфическим веществам токсического воздействия и при их совместном рассмотрении

Класс качества воды	I		II		III		IV	V
	Категории	Отличная	Очень хорошая	Хорошая	Удовлетворительная	Посредственная	Плохая	Очень плохая
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	
р. Уж, г. Перечин								
Fe	0,023	0,055	0,098	<b>0,639</b>	0,138	0,047	0,000	
Cu	0,194	0,000	0,013	<b>0,300</b>	0,258	0,155	0,080	
Zn	0,071	0,079	0,079	<b>0,362</b>	0,186	0,089	0,136	
совместно Fe,Cu,Zn	0,000	0,002	0,006	0,236	<b>0,322</b>	0,230	0,205	
р. Латорица, с. Подполозье								
Fe	0,066	0,054	0,088	<b>0,622</b>	0,105	0,065	0,000	
Cu	0,130	0,007	0,011	0,326	<b>0,343</b>	0,125	0,058	
Zn	0,126	0,216	0,154	<b>0,504</b>	0,000	0,000	0,000	
совместно Fe,Cu,Zn	0,001	0,005	0,010	<b>0,379</b>	0,370	0,178	0,058	
р. Рика, пгт Межгорье								
Fe	0,089	0,052	0,082	<b>0,596</b>	0,102	0,078	0,000	
Cu	0,111	0,068	0,071	<b>0,449</b>	0,242	0,058	0,000	
Zn	0,293	0,182	0,136	<b>0,389</b>	0,000	0,000	0,000	
совместно Fe,Cu,Zn	0,003	0,009	0,022	<b>0,540</b>	0,294	0,131	0,000	
р. Черная Тиса, пгт Ясина								
Fe	0,077	0,046	0,075	<b>0,571</b>	0,144	0,086	0,000	
Cu	<b>0,452</b>	0,017	0,019	0,262	0,162	0,088	0,000	
Zn	<b>0,544</b>	0,146	0,104	0,281	0,000	0,000	0,000	
совместно Fe,Cu,Zn	0,019	0,021	0,037	<b>0,500</b>	0,256	0,167	0,000	
р. Прут, г. Яремча								
Fe	0,094	0,056	0,078	<b>0,446</b>	0,172	0,156	0,000	
Cu	0,245	0,049	0,024	<b>0,435</b>	0,174	0,073	0,000	
Zn	<b>0,467</b>	0,158	0,113	0,304	0,000	0,000	0,000	
совместно Fe,Cu,Zn	0,011	0,017	0,026	<b>0,453</b>	0,277	0,218	0,000	

Таблица 4

Вероятности качества воды по категориям в бассейне рек Приазовья по отдельным специфическим веществам токсического воздействия и при их совместном рассмотрении

Класс качества воды	I		II		III		IV	V
	Категории	Отличная	Очень хорошая	Хорошая	Удовлетворительная	Посредственная	Плохая	Очень плохая
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	
р. Кальмиус, г. Донецк								
Fe	0,141	0,085	0,109	<b>0,512</b>	0,117	0,038	0,000	
Cu	0,175	0,063	0,059	<b>0,445</b>	0,175	0,059	0,031	
Zn	0,074	0,064	0,070	<b>0,325</b>	0,249	0,152	0,066	
Совместно Fe,Cu,Zn	0,002	0,006	0,013	0,312	<b>0,353</b>	0,220	0,095	
р. Булавин, г. Енакиево								
Fe	0,109	0,071	0,096	<b>0,502</b>	0,109	0,058	0,055	
Cu	0,116	0,056	0,059	<b>0,492</b>	0,207	0,058	0,016	
Zn	0,085	0,048	0,053	<b>0,351</b>	0,271	0,119	0,074	
Совместно Fe,Cu,Zn	0,001	0,003	0,008	0,289	<b>0,362</b>	0,197	0,139	
р. Молочная, г. Токмак								
Fe	0,277	0,100	0,106	<b>0,458</b>	0,059	0,000	0,000	
Cu	<b>0,401</b>	0,080	0,058	0,323	0,179	0,000	0,000	
Zn	<b>0,383</b>	0,109	0,077	0,247	0,186	0,060	0,000	
Совместно Fe,Cu,Zn	0,036	0,041	0,052	<b>0,462</b>	0,349	0,058	0,000	
р. Кальчик, с. Кременевка								
Fe	<b>0,512</b>	0,046	0,061	0,300	0,118	0,000	0,000	
Cu	0,222	0,041	0,063	<b>0,674</b>	0,000	0,000	0,000	
Zn	<b>0,957</b>	0,075	0,196	0,000	0,000	0,000	0,000	
Совместно Fe,Cu,Zn	0,105	0,041	0,049	<b>0,692</b>	0,114	0,000	0,000	

Полученные нами результаты по оценке состояния воды рек Приазовья и бассейна Дуная также сравнивали с результатами, полученными на основании традиционной методики [3] (табл. 5, 6). Из 9 станций наблюдений в обоих бассейнах только в 2-х случаях полученные

выводы о состоянии воды совпали (р. Латорица и р. Рика). В других же – оценки, выполненные на основании вероятностного подхода, были лучше по сравнению с результатами традиционной методики. Последнее в наибольшей мере касается результатов по меди и цинку в воде р. Черная Тиса и р. Молочная, когда результаты на основании вероятностного подхода свидетельствовали об отличном состоянии воды (I класс, 1 категория), а по общепринятому методу достигали 4-той категории, т.е. характеризовались как более грязные. По нашему мнению, это связано с тем, что согласно методике [3] оценка состояния воды осуществляется на основании средних значений элементарных признаков. Как известно, поля концентраций химических ингредиентов в открытых водных потоках имеют неустойчивый характер и под действием разнообразных факторов постоянно изменяются в пространстве и времени. При статистических распределениях концентраций гидрохимических компонентов, существенно отличающихся от распределения Гаусса, достоверность оценивания качества воды по значениям среднего, вычисленного по формуле Гаусса, будет невысокой. В связи с существенной дисперсией фактических значений элементарных показателей при выполнении оценок качества воды является более корректным использование вероятностного подхода.

При интегральных оценках (по блоку показателей) наблюдается обратная картина. Во многих случаях вероятностные оценки свидетельствовали о худшем состоянии воды. По-видимому, этот подход позволяет учитывать синергическое воздействие отдельных элементов.

Оценка качества воды по тяжелым металлам, относительно которых действуют жесткие нормы, сегодня вызывает наибольшие трудности. Материалы, представленные в различных научных публикациях, свидетельствуют, что в 70-90 % случаев наблюдений в поверхностных водах Украины наблюдается превышение ПДК относительно различных металлов до 10-100 раз. В то же время оценки, выполненные на основании экологических подходов, свидетельствуют об удовлетворительном (в отдельных случаях посредственном) качестве воды. Это связано с тем, что в природных водах действуют механизмы, снижающие физиологическую активность и токсичность металлов, переводя их в недоступные для организма комплексные соединения. В проводимой же оценке качества воды с использованием ПДК заложено методическое несоответствие, поскольку аналитическое значение

валового содержания металла соотносят со значением ПДК, установленным по ионной форме металла.

В заключение необходимо отметить, что проведение вероятностных оценок, сопряженное со значительным блоком математических расчетов, не всегда оправдано. Если выполняется информативная оценка, исследование трендов, то использование традиционного подхода будет вполне оправданным.

Таблица 5

Оценка состояния воды в реках бассейна Дуная по отдельным специфическим веществам токсического воздействия (железо, медь, цинк, а также при их совместном рассмотрении), рассчитанная по методике [3]

	Состояние воды						
	Отличное	Очень хорошее	Хорошее	Удовлетворительное	Посредственное	Плохое	Очень плохое
Категория	1	2	3	4	5	6	7
Компоненты							
<b>р. Уж, г. Перечин</b>							
Fe				0,307			
Cu					0,016		
Zn					0,083		
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,7</b>							
<b>р. Латорица, с. Подполозье</b>							
Fe				0,320			
Cu					0,015		
Zn				0,023			
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,3</b>							
<b>р. Рика, пгт Межгорье</b>							
Fe				0,324			
Cu				0,007			
Zn				0,021			
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,0</b>							
<b>р. Черная Тиса, пгт Ясина</b>							
Fe				0,353			
Cu				0,007			
Zn		0,013					
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 3,3</b>							
<b>р. Прут, г Яремча</b>							
Fe					0,527		
Cu				0,008			
Zn			0,016				
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,0</b>							

Таблица 6

Оценка состояния воды в реках Приазовья по отдельным специфическим веществам токсического воздействия (железо, медь, цинк, а также при их совместном рассмотрении), рассчитанная по методике [3]

	Состояние воды						
	Отличное	Очень хорошее	Хорошее	Удовлетворительное	Посредственное	Плохое	Очень плохое
Категория	1	2	3	4	5	6	7
Компоненты							
<b>р. Кальмиус, г. Донецк</b>							
Fe				0,282			
Cu				0,010			
Zn					0,073		
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,3</b>							
<b>р. Булавин, г. Енакиево</b>							
Fe				0,454			
Cu				0,009			
Zn					0,079		
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,3</b>							
<b>р. Молочная, г. Токмак</b>							
Fe				0,250			
Cu				0,004			
Zn				0,033			
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 4,0</b>							
<b>р. Кальчик, с. Кременевка</b>							
Fe				0,231			
Cu			0,002				
Zn	0,002						
<b>I<sub>3</sub> (Fe,Cu,Zn) – 2,7</b>							

Однако концепция Водной Рамочной Директивы ЕС [6], к которой постепенно адаптируется водное законодательство Украины, предусматривает разработку определенных мер по улучшению (сохранению) качества воды. В случае установления 1 или 2 класса качества воды предусматривают превентивные меры по сохранению и поддержанию экологического состояния бассейна, а при достижении 3-5 классов планируются меры по снижению риска загрязнения, что связано со значительными материальными затратами. В этом случае выполнение вероятностных оценок является необходимым.

## Выводы

1. Вероятностно модифицированная методика оценивания качества поверхностных вод позволяет получать вероятности категорий качества воды на станциях постоянного контроля. Для этого разработаны алгоритмы идентификации законов статистических распределений концентраций загрязняющих веществ, вычисления вероятности отдельных категорий качества воды для загрязняющих веществ, а также при их интегральном рассмотрении.

2. Результаты оценивания качества воды посредством традиционной и вероятностно модифицированной методикам свидетельствуют, что вероятностный подход более эффективно обеспечивает достоверные оценки качества поверхностных вод, что является крайне необходимым при разработке мероприятий для улучшения состояния водных объектов.

\* \*

*Запропоновано методика та розроблено алгоритм оцінювання якості поверхневих вод на основі ідентифікації законів статистичних розподілів концентрацій гідрохімічних компонентів. Виконано розрахунок ймовірностей категорій якості води і верифікацію її оцінювання на прикладі поверхневих вод басейну Дунаю та річок Приазов'я.*

\* \*

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення: Вид. офіційне. – К.: Твій формат, 2006. – 240 с.
2. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
3. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями // Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
4. Манита А.Д. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. – М.: Издат. отдел УНЦ ДО, 2001. – 120 с.
5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 р. – К.: Вид-во Раєвського, 2001. – 184 с.
6. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат. – Ленингр. отд-ние, 1985. – 248 с.
7. *Guidance document N7. Monitoring under the Water Framework Directive//Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC).* – Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities. – 2003. – 159 p.

*Український науково-дослідний  
гідрометеорологічний інститут, Київ*