

УДК 501/504

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО МЕТОДИКАМ ОЦЕНКИ
ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПО
ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

А.М. Бажиева
Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев
Канд. геогр. наук Э.А. Турсунов

Приведено краткое описание трех методических рекомендаций, утвержденных Министерством охраны окружающей среды Республики Казахстан, отмечены их основные достоинства и недостатки, проведен сравнительный анализ и выработаны рекомендации по внедрению в систему «Казгидромета».

В настоящее время для комплексной оценки качества воды в системе РГП «Казгидромет» используются «**Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям**» (Госкомгидромет СССР, Москва, 1988). Для краткости изложения назовем их **методом Госкомгидромета**.

С 1988 г. Казгидромет официально выпускает «Ежегодник качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий по территории Республики Казахстан». Он предназначен для органов управления и организаций, связанных по роду своей деятельности с использованием поверхностных вод и охраной природы. В этом издании, при анализе загрязненности и выявлении тенденции ее изменения, как основной показатель, согласно **методу Госкомгидромета**, используется индекс загрязненности вод (ИЗВ). При этом количество анализируемых загрязняющих веществ ограничивается для поверхностных вод 6-ю, для морских 4-я ингредиентами. В расчет берутся наибольшие значения, независимо от того, превышают они ПДК или нет, как обязательное условие, данные по пестицидам не принимаются. В состав этих лимитируемых ингредиентов включены как обязательные показатели растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода (БПК₅). Как следствие такого ограничения количества ингредиентов, по которым определяются ИЗВ, расчетные формулы выглядят следующим образом, для поверхностных вод

$$ИЗВ_p = \left(\frac{\sum_{i=1}^6 C_i}{ПДК_i} \right) / 6 ,$$

и для морских вод

$$ИЗВ_{м.в.} = \left(\frac{\sum_{i=1}^4 C_i}{ПДК_i} \right) / 4 ,$$

где C_i – концентрация i -го вещества, $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация i -того вещества [2].

Выбранные значения 6 и 4 являются случайным набором веществ, ориентированных, прежде всего, на максимальное содержание в среде. В табл. 1 приведены критерии индекса загрязненности вод, согласно изложенной выше методике.

Таблица 1

Критерии индекса загрязненности вод согласно методу Госкомгидромета

Класс качества	Характеристика качества	Гидрохимический показатель (ИЗВ)
I	очень чистая	0,0...0,3
II	чистая	0,31...1,0
III	умеренно-загрязненная	1,01...2,5
IV	загрязненная	2,6...4,0
V	грязная	4,1...6,0
VI	очень грязная	6,1...10,0
VII	чрезвычайно грязная	> 10

«Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» разработан Гидрохимическим институтом Росгидромета (ГХИ) (РД 52.24.643-2002) определяется статьей 78 Водного Кодекса Российской Федерации (**метод ГХИ**) состоит в том, чтобы дать обоснованную статистическую информацию об уровне загрязненности поверхностных вод в стране по гидрохимическим показателям.

В основу **метода ГХИ** положен тот же принцип определения класса загрязненности воды, что и в выше приведенной методике, в данном случае это удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ).

Относительная оценка качества воды и расчет комбинаторного индекса загрязненности проводится в 2 стадии: сначала по каждому изучаемому ингредиенту и показателю загрязненности воды, и только потом рас-

смагивается весь комплекс загрязняющих веществ и выводится результирующая оценка. Для выбранного объекта по каждому ингредиенту определяются повторяемость случаев загрязнения a_{ij} , т.е. частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК

$$a_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}},$$

где n'_{ij} – число результатов анализа по i -му ингредиенту в j -ом створе за рассматриваемый период времени, в которых концентрации превышают ПДК, n_{ij} – общее число результатов химических анализов за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -ом створе.

На основе повторяемости определяется характер загрязненности воды в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Классификация воды водных объектов по признаку повторяемости случаев загрязненности [4]

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды и водных объектов по признаку повторяемости	Частный оценочный балл по повторяемости S_{aij}	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
[1*; 10)	единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	устойчивая	[3; 4)	0,05
[50; 100)	характерная	4	-

*При значениях повторяемости меньше единицы принимаем $S_{aij} = 0$

Согласно табл. 2, по значениям повторяемости и данным классификации воды рассчитывается частный оценочный балл по повторяемости S_{aij} . Установление баллов проводится с применением линейной интерполяции. Среднее значение кратности ПДК β_{ij} рассчитывается только по результатам анализа проб, где такое превышение наблюдается. Расчет ведется по формуле

$$\beta_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^{n'_{ij}} \beta_{ifj}}{n'_{ij}},$$

где $\beta_{ifj} = \frac{C_{ifj}}{ПДК_i}$ – кратность превышения ПДК по i -му ингредиенту в f -ом результате химического анализа, для j -го створа, C_{ifj} – концентрация i -го ингредиента в f -ом результате химического анализа для j -го створа, мг/дм³.

На основе β_{ij} и данных табл. 3 рассчитывается оценочный балл по кратности $S\beta_{ij}$.

Таблица 3

Классификация воды водных объектов по уровню загрязненности [4]

Кратность превышения нормативов	Характеристика уровня загрязненности	Частный оценочный балл по кратности превышения нормативов $S\beta_{ij}$	Доля частного оценочного балла приходящаяся на единицу кратности превышения нормативов
[1; 2)	низкий	[1; 2)	1,00
[2; 10)	средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)	высокий	[3; 4)	0,025
[50; +∞)	экстремально высокий	4	0,025

Далее определяется обобщенный оценочный балл S_{ij} по каждому ингредиенту. Рассчитывается как произведение частных оценочных баллов по повторяемости случаев загрязненности и средней кратности превышения ПДК

$$S_{ij} = S_{aij} \cdot S\beta_{ij},$$

где S_{aij} – частный оценочный балл по повторяемости случаев загрязнения i -ым ингредиентом в j -ом створе за рассматриваемый период времени, $S\beta_{ij}$ – частный оценочный балл по кратности превышения ПДК i -го ингредиента в j -ом створе за рассматриваемый период времени.

Обобщенный оценочный балл дает возможность учесть одновременно величину наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК по каждому ингредиенту. Далее определяется комбинаторный индекс загрязненности воды по формуле

$$S_i = \sum_{i=1}^{N_i} S_{ij}.$$

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) окончательно определяем по формуле

$$S_j^1 = \frac{S_j}{N_j},$$

где S_j^1 – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в j -ом створе, S_j – комбинаторный индекс загрязненности воды в j -ом створе, N_j – число учитываемых в оценке ингредиентов.

Как видим, принцип достаточно простой. Ингредиенты, по которым есть превышение ПДК, делятся на общее количество измеряемых ингредиентов. Их общее количество в Российской методике строго не регламентируется. Нижний предел учитываемых ингредиентов определяется их минимальным числом, характеризующим качество воды по показателям вредности. Верхний предел не ограничивается. Однако при машинной обработке, ингредиенты находящиеся в знаменателе лимитированы количеством от 10 до 23. Данное количество и состав определены с учетом характерных загрязняющих веществ на территории Российской Федерации. В то же самое время Казахстанские лаборатории измеряют 43 показателя.

«Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию», утверждена Министерством охраны окружающей среды Республики Казахстан в марте 2003 г. Для краткости далее будем называть их методом **Бурлибаева** по фамилии основного разработчика и редактора.

При общей оценке качества поверхностных вод необходимо иметь в виду, что ингредиенты наравне с проявлением различной степени влияния также играют существенную роль в изменении физико-химического свойства вод ввиду различности своего химического происхождения.

Весь перечень ингредиентов, по которым ведутся гидрохимические анализы, разделен на условные группы по таким показателям – как генетическое происхождение, химическое строение, токсичность и др. Всего таких групп шесть: главные ионы, биогенные элементы, тяжелые металлы, ядовитые вещества, органические вещества, хлорорганические пестициды. Такое объединение загрязняющих веществ на условные группы не противоречит исследованиям О. Алекина, А. Никанорова, Е. Посохова и др., аналогично подходящих к изучению химического состава природных вод.

С учетом максимального соответствия требованиям различных водопотребителей (водопользователей), вычисление ИЗВ ведется по каждой группе в отдельности с включением в обязательном порядке в расчетные ряды всех ингредиентов, обнаруженных в водном объекте путем гидрохимического анализа и официально публикуемых в «Ежегодниках качества поверхностных вод». Для придания определяемым ИЗВ признаков комплексности оценки в рамках гидрохимических показателей автор восполь-

зовался критерием комплексности, введенным в гидрохимическую практику В.Емельяновой

$$N = (n' / n)100\% \geq 10\%,$$

где N – условный показатель комплексности загрязненности, n' – число ингредиентов и показателей качества, привлекаемых для определения ИЗВ_{*j*}, n – общее число нормируемых ингредиентов и показателей качества в данном створе (гидрохимическом районе) водного объекта.

Из такого определения, оценка качества поверхностных вод действительно становится комплексной в случае, если условный показатель превышает 10 % [1].

Общий комплексный индекс загрязненности вод (КИЗВ) и индекс загрязненности вод (ИЗВ) для условных групп могут быть определены только с помощью ингредиентов, которые входят в эту группу и превышают собственные ПДК. Нормируя химические элементы с помощью ПДК, мы заранее причисляем их к «незагрязняющим», из чего следует, что загрязняющие элементы надо искать в среде тех, которые превышают собственные ПДК.

Определение КИЗВ для каждой группы производится по формуле

$$КИЗВ_j = (\sum_{i=1}^n C_i / ПДК_i) / n,$$

где $КИЗВ_j$ – индекс загрязненности вод j – ой группы, C_i – i -ая концентрация ингредиента из j -ой группы, мг/дм³, $ПДК_i$ – i -ая предельно-допустимая концентрация, соответствующая C_i , мг/ дм³, n – количество ингредиентов из j -ой группы, участвующих в определении $КИЗВ$ [3].

Хотелось бы отметить, что при расчете КИЗВ по методу **Бурлибаева** не включается растворенный кислород и БПК₅, они классифицируются отдельно. В выше перечисленных методиках, степень превышения концентрации растворенного кислорода над ПДК рассчитывается по формуле: норматив/содержание. Может быть, в этом случае имелось в виду определение доли ПДК растворенного кислорода от фактического содержания? В противном случае, при несомненном превышении фактического содержания кислорода над нижним лимитированием (ПДК в зимний период ≥ 4 ; ПДК в открытый период ≥ 6 мг О₂/дм³), по предлагаемой формуле определяется вовсе не превышение концентрации над ПДК, а доля норматива от фактического содержания. Определяемая таким образом модульная величина никак не может быть вознесена в категорию определения степени загрязнения.

Другой путь решения, т.е. $C_i/ПДК_i$ к растворенному кислороду также не применим, ибо, определяя кратность превышения фактической концентрации над ПДК, полученную модульную величину тоже не возможно соотнести к категории показателей загрязнения. При постоянном превышении фактической концентрации над ПДК, получаемые модульные коэффициенты более соответствуют показателю благополучности водного объекта по режиму растворенного кислорода, нежели чем загрязнения. Обратный случай показателя растворенного кислорода, т.е. при фиксации меньших фактических концентраций, чем ПДК необходимо говорить об ущемленности водного объекта по режиму растворенного кислорода.

Поэтому ИЗВ по кислороду, не должны анализироваться вместе с другими ИЗВ, т.к. они являются показателями разноплановых задач и решений. В данном случае целесообразно вести речь об отдельном анализе водного объекта по кислородному режиму, как рассматривается по методу Бурлибаева.

Таблица 4

Общая классификация водных объектов по степени загрязнения

Степень загрязнения	Оценочные показатели загрязнения водных объектов			
	по КИЗВ	по КИЗВ с учетом класса опасности	по растворенному кислороду, мг/дм ³	по БПК ₅ , мг/дм ³
Нормативно чистая	до 1,0	до 2,0	4,0	3,0
Умеренного уровня загрязнения	1,0...3,0	2,0...6,0	3,0	6,0
Высокого уровня загрязнения	3,0...10,0	6,0...10,0	2,0	8,0
Чрезвычайно высокого уровня загрязнения	> 10,0	> 10,0	1,0	8,0

Таким образом, в настоящее время на территории Республики Казахстан Министерством охраны окружающей среды утверждены три описанные выше методики по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Для сравнительной оценки приведем результаты расчетов по трем методикам в озерах Боровое и Большое Чебачье за первый квартал 2008 года (табл. 5).

Как видно наименьший уровень загрязнения для данных водных объектов получен по методике ГХИ. Значения комбинаторного индекса для оз. Боровое более чем в 1,5 раза меньше значения индекса загрязнен-

ности воды, посчитанного по методике Госкомгидромета, и более чем в 2,5 раза, меньше значений комплексного индекса загрязненности, посчитанного по методике Бурлибаева. Для оз. Большое Чебачье данная тенденция сохраняется при несколько меньших отличиях.

Таблица 5

Сравнительный анализ по различным методикам

Метод Госкомгидромета		Метод ГХИ		Метод Бурлибаева	
ИЗВ	степень загрязнения	КИЗВ	степень загрязнения	КИЗВ	степень загрязнения
Боровое					
1,9	умеренно загрязненная	1,19	слабо загрязненная	3,18	высокого уровня загрязнения
Большое Чебачье					
3,3	загрязненная	2,38	загрязненная	3,97	высокого уровня загрязнения

Наибольшие значения и, соответственно, наиболее высокий уровень загрязнения данных водных объектов получился согласно расчетам по методике Бурлибаева, поэтому, учитывая особенности всех трех описанных выше методов, можно говорить о ней как наиболее объективной. Данная методика широко применяется в настоящее время в системе Комитета по водным ресурсам.

В системе Казгидромета началось внедрение **метода ГХИ**. Однако, в строгом соответствии с Российской методикой, необходимо провести специальные исследования для каждого отдельного створа на территории Республики Казахстан, чтобы определить на основе какого количества и каких ингредиентов оценивать качество поверхностных вод.

Можно предположить, что для каждого водного объекта будет существовать характерный состав показателей, который не всегда будет совпадать с характерными показателями других водных объектов. Вполне возможно понадобится определение списков показателей для каждого региона Казахстана в отдельности. Поэтому, для внедрения данной методики, необходимо провести комплексные обследования загрязнения природной среды для каждого региона или бассейна, в котором на основе информации об источниках загрязнения и их характеристиках составить приоритетные списки загрязняющих веществ. Данные исследования должны включать характеристику хозяйственной деятельности на исследуемой территории, перспективы её развития, описание основных сбросов промышленных и коммунальных предприятий, их местоположение, данные о

типах, объемах, составе и характеристиках очистных сооружений. На основе этих исследований необходимо составить и утвердить законодательно региональный список ингредиентов. Оценку качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям производить с использованием **методики ГХИ**, руководствуясь исключительно этим списком. Только в таком случае, можно ожидать объективной информации о состоянии окружающей среды для каждого региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Байманов Ж.Н., Тажмагамбетов Е.А. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям (учебное пособие). – Алматы.: Ғылым, 2007. – 96 с.
2. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госком по гидрометеорологии, 1988. – 10 с.
3. ПР РК 52.5.06 – 03 Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах подверженных интенсивному антропогенному воздействию.– Астана.: Каганат. – 2003. – 80 с.
4. РД 52.24.643 – 2002 Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – М.: Росгидромет, 2002. – 34 с.

РГП «Казгидромет» МООС РК, г. Алматы

ЖЕР БЕТІ СУЛАРЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРМЕН ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕЛЕРІНЕ БЕРІЛГЕН ҰСЫНЫСТАР МЕН ЕСКЕРТУЛЕР

	А.М. Бажиева
Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бурлібаев
Геогр. ғылымд. канд.	Э.А. Тұрсынов

Қазақстан Республикасы Қоршаған ортаны қорғау Министрлігінде бекітілген үш әдістемелік ұсыныстарға қысқаша баяндама берілген, олардың негізгі жақсы және жаман жақтары көрсетіліп, салыстырмалы талдау өткізілді және «Казгидромет» жүйесіне енгізуге ұсыныстар өңделді.