

УДК 556.555.8(574)

**К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИНДЕКСА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД**

Канд. геогр. наук	М.Ж. Бурлибаев
	О.С. Истомина
Канд. с.-х. наук	Ю.М. Попов

Анализируются современные методы определения индекса загрязнения поверхностных и морских вод (ИЗВ). Обосновывается необходимость новых подходов для более правильного его вычисления.

В настоящее время проблемы чистой воды и охраны водных экосистем становятся все более острыми и глобальными. Наблюдаются повсеместно трудности в обеспечении водопотребления (питьевое и техническое водоснабжение, орошения и др.) из-за количественного и качественного истощения водных ресурсов, что связано в первую очередь с загрязнением водотоков и водоемов, зарегулированностью естественного хода речного стока и забором больших объемов воды. Загрязнение водотоков и водоемов в наибольшей степени связано со сбросом в них промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков, роль которых будет возрастать вместе с антропогенными нагрузками, когда с каждым годом уменьшаются способности естественной разбавляемости и биологического самоочищения.

В Казахстане, как и бывшем СССР, начало систематическим наблюдениям за химическим составом поверхностных вод (в том числе за загрязняющими ингредиентами) положено Постановлением Совета Министров СССР от 30 сентября 1963 года. Согласно этому Постановлению и дальнейшим его уточнениям, в настоящее время разработаны критерии загрязненности и проводятся анализы качества вод поверхностных водотоков - по 45 ингредиентам, а морских - по 22. В настоящее время предельно допустимые концентрации (ПДК) примесей лимитируются показателями вредности, такими как токсикологические, рыбохозяйственные, санитарно-токсикологические, соответствующие требованиям хозяйственно-питьевых, рыбохозяйственных и культурно-бытовых нужд. Необходимо подчеркнуть, что оценка качества вод как за отдельные годы, так и в многолетнем разрезе, сопровождается определенными трудностями, связанными, в первую очередь, с длинным перечнем (количеством) сравниваемых ингредиентов в пункте контроля качества, что несомненно требует

длительного процесса обработки данных. При этом внутригодовой размах колебания или динамику изменения загрязняющих веществ из года в год необходимо анализировать по каждому ингредиенту в отдельности [4, 6, 8 и др.]. Поэтому предпринимаются попытки разработки интегрального показателя [3, 5, 9, 10], который бы соответствовал комплексной оценке качества вод и не сопровождался трудоемкими процессами расчета при определении динамики изменения (выявления тенденции) загрязненности водотоков и водоемов. Одним из таких показателей является индекс загрязненности вод (ИЗВ), разработанный и рекомендованный Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии в 1988 г. "Методическими рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям" [7].

В Ежегодниках качества поверхностных и морских вод, официально выпускаемых по линии Агенства по гидрометеорологии и мониторингу природной среды, при анализе загрязненности и выявлении тенденции ее изменения, а также при классифицировании водотоков и водоемов по степени загрязненности как основной дифференцированный показатель используется именно индекс загрязненности вод. При этом, для поверхностных вод (водотоков) и морских вод ИЗВ вычисляются по строго ограниченному количеству ингредиентов, 6-ти и 4-м соответственно. При выборе этих ингредиентов предпочтения отдаются загрязнителям с максимальными показателями. Причем значение отдельных ингредиентов должны быть среднеарифметическими, т.е. осредненными из не менее 4 анализов по каждому из них.

Из методических рекомендаций [7] видно, что ИЗВ определяется для поверхностных и морских вод соответственно:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum C/\text{ПДК}}{6}, \quad (1)$$

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum C/\text{ПДК}}{4}, \quad (2)$$

Но по тексту расшифровки формул (1), (2) непонятно, что имеется в виду под C , ПДК, цифрами 6 и 4, соответственно [1, 2]. Идет речь лишь о каких-то 6-ти и 4-х строго лимитируемых количествах показателей, берущихся для расчета, имеющих наибольшее значение независимо от того, превышают они ПДК или нет, и с обязательным включением показателей по растворенному кислороду и БПК₅. Оговорено также, что для морских вод ИЗВ определяют не по отдельным пунктам (станциям), а по районам в целом. Согласитесь,

имея такую нечеткую расшифровку и пояснения к используемой формуле, трудно что-либо рассчитать правильно. Предполагаем, что равенство в правильном изложении и в окончательном варианте принимает вид

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i / \text{ПДК}_i}{n}, \quad (3)$$

где C_i - i -ая концентрация (содержание) отдельного ингредиента из числа рекомендуемых 6-ти лимитируемых загрязнителей для поверхностных и 4-х для морских вод; ПДК_i - предельно допустимая концентрация, строго соответствующая каждому C_i в отдельности; n - число, соответствующее количеству лимитируемых ингредиентов, равное 6-ти для поверхностных и 4-м для морских вод.

К сожалению, досадные ошибки, допущенные в [7], автоматически перенесены и в Ежегодники качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий по территории Казахской ССР за 1990 год [2] и в Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1990 год [1]. Этот факт констатируется нами только на примере двух Ежегодников, тогда как эти ошибки повторяются из года в год со времени утверждения Рекомендаций [7].

Если "Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям" [7] предусматривают вычисления ИЗВ как без учета, так и с учетом водности года, то Ежегодники [2] однозначно предлагают определять их с учетом водности года, а именно:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n \cdot \text{ПДК}_i} \cdot k \quad (4)$$

где k - коэффициент водности, определённый как $Q_{\text{ср}}/Q_{\text{ср.мн.}}$, $Q_{\text{ср}}$ - средний расход воды за фактический год, $Q_{\text{ср.мн.}}$ - расход воды среднеемноголетний.

Как и в Рекомендациях [7], так и из равенства (4) непонятно, что конкретно имеется ввиду под ПДК. Или это постоянная величина, соответствующая всем отдельно взятым лимитируемым ингредиентам, или сумма отдельных ПДК, соответствующих строго каждой C_i . Если под равенством (4) имеется ввиду исправленная формула (3), то зачем

надо было это равенство "оптимизировать" каждый раз при переносе из Рекомендаций [7] в Ежегодники [2]?

Теперь по существу определения ИЗВ с учётом водности года. При такой трактовке равенства (4) получаемые результаты ИЗВ, достигая обратного эффекта к постановке задачи, очевидно приводят к большим искажениям. Во-первых, этот так называемый коэффициент водности есть ничто иное как модульный коэффициент, известный из курса математической статистики, используемый в гидрологии для ведения расчётов в относительных единицах. Предполагая, что соотношение i - ой концентрации к i - ой ПДК тоже есть модульный коэффициент (т.к. ПДК есть const для каждого ингредиента), можно с большой натяжкой назвать k - коэффициентом водности года. Во-вторых, за многоводный, по отношению к среднемуголетнему, год (месяц, сезон) этот модульный коэффициент k всегда больше единицы, т.е. $k > 1,0$, то соответственно показатель ИЗВ увеличивается адекватно на значение модульного коэффициента, без учёта того факта, что год был многоводным и всецело была задействована естественная разбавляемость ингредиентов. Искусственное увеличение ИЗВ в многоводные годы, таким образом, приводит к неоправданному и необоснованному классифицированию по показателям ИЗВ. В-третьих, за маловодный, по отношению к среднемуголетнему, год (месяц, сезон) достигается обратный эффект вышеприведённому факту, т.е. модульный коэффициент $k < 1,0$, и соответственно ИЗВ занижается на значение k , хотя по сравнению с многоводным годом, здесь концентрация загрязняющих ингредиентов выше при ограниченной возможности естественной разбавляемости.

В упомянутых "Методических рекомендациях" и Ежегодниках [2,3] Госкомгидромета СССР рекомендовано определить степень превышения концентрации растворённого кислорода над ПДК из соотношения: норматив/содержание, тогда как в этих же работах, на примере равенств (1), (2) и (+) приводится прямо противоположное выражение, т.е. C_i/PDK_i . Конечно, такую оплошность можно было бы принять за машинописную опечатку, если бы не проверка и анализ расчётов, приведённых в названных выше работах. Анализы показывают, что расчёты велись именно из соотношения норматив/содержание, т.е. PDK_i/C_i , и рекомендуется всем службам Управления наблюдений и контроля загрязнения природной среды в таком виде определять ИЗВ. Учитывая вышеизложенное, следует критически оценивать официально опубликованные данные по ИЗВ в качестве показателя комплексной оценки качества как поверхностных, так и морских вод. Однозначно, что комплексная оценка качества вод в виде индекса их загрязнения, в качестве дифференцированного показателя, нужна как для научных исследований, так и для хозяйственных нужд в целом. Поэтому попытаемся в первом приближении изложить наше видение этой проблемы.

Произвольный выбор ингредиента из множества (при определении ИЗВ), ориентируясь всего лишь на максимальную концентрацию отдельных загрязнителей и лимитирования их по количеству, т.е. 6-ти ингредиентов для поверхностных и 4-х для морских вод, как нам представляется, ничем не оправданы и научного обоснования не имеют. Исходя из генетической однородности и особенностей загрязнителей, а так же их влияния на гидробионтное и бентосное сообщества, физико-химические свойства вод и другие показатели, представляется целесообразным объединение ингредиентов в отдельные группы. Например, все ингредиенты загрязнения, входящие в перечень лимитируемых критериями вредности как по оценке качества поверхностных, так и морских вод, предлагаем сгруппировать в следующие условные группы:

- главные ионы (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\Sigma(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$, Fe^{3+} , Si);
- биогенные элементы (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , $\text{P}_{\text{общ.}}$);
- тяжёлые металлы (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , $\Sigma(\text{Cr}^{3+} + \text{Cr}^{6+})$, Hg^{2+});
- цианиды (CN , SCN , F^- , As^{3+});
- органические вещества (нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенолы, СПАВ);
- хлороорганические пестициды (ДДТ, ДДЭ, ГХЦГ);
- обязательного присутствия (O_2 , БПК₅, БПК_{полн.}).

Для того, чтобы индекс загрязнённости вод был дифференцированным, необходимо определять ИЗВ для каждой группы в отдельности, что подчёркивало бы его комплексность при оценке качества вод. Такой подход оправдан и тем, что в нём подчёркивается разнохарактерность как самих загрязнителей, так и их влияние на водную толщу. При этом ранее приведённое равенство (3) справедливо для определения ИЗВ по каждой группе в отдельности

$$\text{ИЗВ}_i = \frac{\sum_{i=1}^n C_i / \text{ПДК}_i}{n}, \quad (5)$$

где ИЗВ_i - индекс загрязнения вод i -ой группы, C_i - i -ая концентрация ингредиента из i -ой группы, ПДК_i - i -ая предельно-допустимая концентрация, соответствующая C_i из i -ой группы, n - количество ингредиентов в i -ой группе.

Как видно из приведённых разделений ингредиентов на условные группы, индекс загрязнения вод в данном случае будет определяться по 7 группам в отдельности. Причём, при определении группового ИЗВ, все ингредиенты группы участвуют на равноправных условиях. Общий индекс загрязнения как поверхностных, так и морских вод, предлагается определять как сумму индивидуальных ИЗВ из семи групп:

$$\text{ИЗВ}_{\text{общ.}} = \text{ИЗВ}_{\text{ГИ}} + \text{ИЗВ}_{\text{БЭ}} + \text{ИЗВ}_{\text{ТМ}} + \text{ИЗВ}_{\text{Ц}} + \text{ИЗВ}_{\text{ОВ}} + \text{ИЗВ}_{\text{ХП}} + \text{ИЗВ}_{\text{ОП}}, \quad (6)$$

где $ИЗВ_{общ}$ - общий индекс загрязнения вод водотока или водоёма, $ИЗВ_{ГИ}$ - индекс загрязнения вод по группе главных ионов, $ИЗВ_{ТМ}$ - индекс загрязнения вод по группе тяжёлых металлов, $ИЗВ_{БЭ}$ - индекс загрязнения вод по группе биогенных элементов, $ИЗВ_{Ц}$ - индекс загрязнения вод по группе цианидов, $ИЗВ_{ОВ}$ - индекс загрязнения вод по группе органических веществ, $ИЗВ_{ХП}$ - индекс загрязнения вод по группе хлороорганических пестицидов, $ИЗВ_{ОП}$ - индекс загрязнения вод по группе обязательного присутствия.

Такой подход представляется более обоснованным, учитывая то обстоятельство, что индекс загрязнения вод должен характеризовать требования не только экологические условия водотоков и водоёмов, но и удовлетворять специфические требования отдельных водопотребителей к качеству поверхностных и морских вод. Подобное определение ИЗВ также будет содействовать более глубокому изучению самих загрязнителей и позволит анализировать влияние отдельных групп загрязнителей на условия обитания гидробионтов и бентосных сообществ в водной толще. Поэтому необходимо подвергнуть глубокой переработке классификацию загрязнённости водотоков и водоёмов, приведённую в [7]. Индекс загрязнения вод с учётом водности года предлагается определять, исходя из следующего соотношения

$$ИЗВ_{В.Г.i} = ИЗВ_{общ.i} / k_i, \quad (7)$$

где $ИЗВ_{В.Г.i}$ - индекс загрязнения вод i -го года с учётом водности, $ИЗВ_{общ.i}$ - общий индекс загрязнения вод i -го года, k_i - модульный коэффициент учитывающий водность i -го года, равен

$$k_i = Q_{ср.гi} / Q_{ср.мн.}, \quad (8)$$

где $Q_{ср.гi}$ - среднегодовой расход воды i -го года, $Q_{ср.мн.}$ - среднемноголетний расход воды.

В связи с выявленными неточностями, допущенными в "Методических рекомендациях по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям", все расчёты и показатели по индексам загрязнения вод, опубликованные в Ежегодниках Госкомгидромета СССР, должны критически анализироваться. Современное состояние использования водных ресурсов, их загрязнение под влиянием хозяйственной деятельности говорит о необходимости уточнения научного обоснования дифференцированного показателя индекса загрязнения вод. В статье рассмотрен один из вариантов подхода к разработке индекса загрязнения воды с учётом основных гидрохимических показателей. В целом необходима научная проработка всех возможных вариантов определения ИЗВ применительно к условиям Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям - Обнинск, ВНИИГМИ - МЦД, 1991. - 276 с.
2. Ежегодник качества поверхностных и морских вод и эффективности проведённых водоохранных мероприятий по территории Казахской ССР за 1990 г. / Казгидромет, ЦНЗПС. - Алма-Ата, 1991. - 166 с.
3. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. - 1982. - Т.81. - С. 119-129
4. Изучение концентраций тяжёлых металлов в речном стоке с урбанизированных территорий / Ю.В. Гонтарь, К.Н. Крупский, В.А. Бочаров и др. // Водные ресурсы. - 1983. - № 4. - С. 89-95.
5. Коробин В.А. Ирригационное качество поверхностных и подземных вод Таш - Уткульского массива // Вестн. АН КазССР. - 1980. - № 11. - С. 65-70.
6. Максимова М.П., Соколова С.А. Критерии оценки антропогенной составляющей содержания тяжёлых металлов в речном стоке // Водные ресурсы. - 1993. - № 2. - С. 270-272.
7. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям / Госкомгидромет СССР, Управление наблюдений и контроля загрязнения природной среды. - М., 1988. - 12 с.
8. Попов Ю.М., Павличенко Л.М., Богачёв В.П. Исследование загрязнённости реки Сырдарья для построения комплексной оценки качества воды // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 207-223.
9. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши / В.Н. Жукинский, О.Н. Окслюк, Олейник и др. // Гидробиологический журнал. - 1981. - Т.17, № 2. - С. 38-49.
10. Справочник по гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 321 с.

Казахский научно - исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СУДЫҢ ЛАСТАНУ КӨРСЕТКІШІН АНЫҚТАУ СҰРАҒЫНА

Гегр. ғ. канд. М.Ж. Бүрлібаев
О.С. Истомина
Ауыл-ш. ғ. канд. Ю.М. Попов

Теңіз және беткі сулардың ластану көрсеткішін табудың қазіргі кездегі әдістері талданған. Оны ең дұрыс есептеудің жаңа жолдарын табу қажеттілігі негізделген.