

УДК 504.4.054:543.31

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОДЫ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ КРАСНАЯ (ВЬЕТНАМ)

Нгуен Тхи Тхуй Ньунг, Волкова И.В.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, e-mail: nhung_nguyen@mail.ru

В работе проанализированы 3 группы основных интегральных показателей качества воды, используемых во многих странах мира, в частности и во Вьетнаме. Цель работы заключалась в сравнительном анализе основных интегральных показателей качества воды, а также применении подходящего показателя в оценке качества поверхностных вод в устьевой области реки Красная (Вьетнам) в период половодья 2016 г. При оценке достоинств и недостатков каждого метода установлено, что обобщенный показатель качества воды (ПКВ_{об}), который впервые предложил Фам Н.Х. в 2011 г более предпочтителен для условий Вьетнама. Построены формулы для расчета весовых коэффициентов показателей в классификации качества воды в случае 10 выбранных параметров. По итогам расчета ПКВ_{об} отмечено, что качество поверхностных вод в устьевой области реки Красная в период половодья 2016 года находится в III-классе, т.е. соответственно вода загрязненная.

Ключевые слова: интегральные показатели качества воды, ИЗВ, ПКВ, КИЗВ, обобщенный показатель качества воды (ПКВ_{об}), весовой коэффициент показателя.

COMPARATIVE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF APPLICATION OF METHODS OF CALCULATION OF INTEGRATED WATER QUALITY INDEX TO ASSESS THE WATER IN THE ESTUARY OF THE RED RIVER (VIETNAM)

Nguyen Thi Thuy Nhung, Volkova I.V.

Astrakhan state technical University, Astrakhan, e-mail: nhung_nguyen@mail.ru

In work analyzed the 3 groups of the basic integrated indicators of the quality of water used in many countries, particularly in Vietnam. The aim of this work was the comparative analysis of the main integral indicators of water quality and the application of a suitable indicator in assessing the quality of surface waters in the estuarine area of the Red river (Vietnam) during the flood period 2016. In assessing the advantages and disadvantages of each method, it is established that the total water quality index (TWQI), which was first proposed by Pham N. H. in 2011, more preferable for the conditions of Vietnam. Built formula for calculating the weighting factors in the classification of water quality in the case of the 10 options selected. After the calculation of TWQI noted that the quality of surface waters in the estuarine area of the Red river during the floods of 2016 is in the III-class, i.e., respectively, the polluted water.

Keywords: Integrated water quality index, WPI, WQI, CWPI, total water quality index, weighted coefficient.

Река Красная является самой большой рекой во Вьетнаме. В ее бассейне расположены самые крупные промышленные центры, населенные пункты и города на севере Вьетнама. Значительная часть органических и неорганических веществ, приносимых водотоками в дельту, осаждаются в устьевой области реки Красной. Вследствие тяжелой антропогенной нагрузки, проблема загрязнения в устьевой области р. Красной становится актуальной.

Каждый из показателей качества воды в отдельности, хотя и несет информацию о составе воды, все же не может служить единственной мерой качества воды, так как он не позволяет судить о значениях других показателей, а также о связи между некоторыми показателями. Поэтому результатом оценки качества воды должны быть некоторые интегральные показатели.

Цель исследования

В настоящее время во многих странах мира и во Вьетнаме, в частности, использовали интегральные показатели качества воды различными методами, относящиеся к 3 основным группам [7].

- Показатели качества воды без весового коэффициента;
- Показатели качества воды с весовым коэффициентом каждого показателя;
- Обобщенные показатели качества воды с весовым коэффициентом.

Каждый метод определения интегрального показателя имеет достоинства и недостатки. Для анализа этих методов в работе сравнились 3 показателя из вышеперечисленных групп.

Таким образом, цель работы заключалась в сравнительном анализе основных интегральных показателей качества воды, а также применении подходящего показателя в оценке качества поверхностных вод в устьевой области реки Красная (Вьетнам).

Методы исследования

В России при определении классов качества воды раньше использовали индекс загрязненности воды (ИЗВ). ИЗВ рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактически значений 6 основных показателей [6]. ИЗВ относится к первой группе определения интегрального показателя. В настоящее время в России используется показатель второй группы – комбинаторный индекс загрязненности воды (КИЗВ) [5].

Представлением второй группы является стандартный обобщенный показатель качества воды (ПКВ), разработанный Национальным Санитарным Фондом США в 1970 г. [1].

При применении ПКВ в Вьетнаме, он корректировался. Фам Н.Х. и др.[7] предложили модифицированный обобщенный показатель качества воды (ПКВ_{об}). Процесс определения ПКВ_{об} можно разделить на 4 этапа [7]:

Этап 1. Выбор параметров качества воды.

На этом этапе исследования в устьевой области реки Красная проводились в период половодья 2016 г. В работе были использованы 10 параметров: 9 гидрохимических показателей – рН, растворенный в воде кислород (РК), БПК₅, NO₃⁻, PO₄³⁻, сухой остаток, Рb, Cd, Fe и количество кишечных палочек [2,3,4]. Выбор мест исследований связан с гидрохимическими характеристиками данных водных объектов, их гидрологической взаимосвязанностью и наличием токсикологической напряженности. Результаты определения этих показателей использовались на следующем этапе.

Этап 2. Определение значения частных показателей качества по каждому из ингредиентов (параметру).

Расчет ведется по формуле:

$$q_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (1)$$

Где, C_i – концентрация i -го ингредиента, $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го ингредиента [8].

Частный показатель качества для растворенного в воде кислорода осуществляется по формуле:

$$q_{O_2} = \frac{ПДК_{O_2}}{C_{O_2}} \quad (1^*)$$

Этап 3. Расчет значения весовых коэффициентов показателей W_i по формуле:

$$W_i = \frac{W'_i}{\sum_{i=1}^n W'_i} \quad (2)$$

Где, W_i – весовой коэффициент показателя, W'_i – частный весовой коэффициент показателя, n – число выбранных параметров.

Этап 4. Расчет обобщенного показателя для оценки качества воды в устьевой области реки Красная. Обобщенный показатель качества воды рассчитывается по формуле:

$$ПКВ_{об} = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k W_i (q_i - 1)}{\sum_{i=1}^{m_1} W_i q_i + \sum_{i=1}^{m_2} W_i (1 - q_i) + \sum_{i=1}^k W_i (q_i - 1)} \right) \quad (3)$$

Где, W_i – весовой коэффициент показателя, q_i – частный показатель качества, m_1 , m_2 , k – число параметров, соответственно имеющих q_i равен, менее и больше чем 1.

Этап 4. Создание классификации качества воды и оценки качества воды.

Из (3) отмечено что: предел классов качества воды в классификации зависит от отношения $\frac{k}{n}$ и определяется по формуле:

$$T_k = 100 \times \left(1 - \frac{k}{n} \right) \quad (4)$$

Где, k – число параметров, имеющих q_i больше чем 1, n – число выбранных параметров.

Для определения изменения качества воды в устьевой области реки Красная по времени и местам отбора проб проводятся аналогичные частоты повторяемости уровня загрязненности воды $f_{кзij}$. Значение $f_{кзij}$ рассчитывается как процент количества проб, поверхностные воды которых находятся в одном классе загрязненности к общему числу проб отбора.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ основных интегральных показателей качества воды

Расчет ИЗВ является легким методом для оценки качества воды. Он широко применяется на практике, но он имеет ряд недостатков, таких как:

Во-первых, учет не рассматривает значения весовых коэффициентов показателей, т.е. он невозможен для сравнения загрязненности между разными точками мониторинга;

Во-вторых, определение ИЗВ предполагает контроль только 6 гидрохимических показателей, ускользают биологические показатели, поэтому оно недостаточно для оценки фактической экологической ситуации в водных объектах;

В-третьих, приводит к явлению синергизма, так как в результате не рассмотрены взаимодействия многих компонентов и их доля вклада в загрязнение воды.

Показатель качества воды (ПКВ), разработанный Национальным Санитарным Фондом США, применяется во многих странах, в том числе во Вьетнаме. ПКВ в значительной степени устраняет недостатки интегральной оценки качества воды с расчетом ИЗВ, т.к. содержит группу конкретных приоритетных показателей, в число которых входит показатель микробного загрязнения, и в учете рассмотрены весовые доли вклада каждого показателя. Однако способ оценки качества воды с расчетом ПКВ имеет следующие недостатки:

В-первых, классификация качества воды и значения весовых коэффициентов показателей определяется исследователем (метод Дельфи, модель Бахаргава), т.е. расчет ПКВ имеет субъективность.

Во-вторых, для получения значения ПКВ суммируют оценки по всем определенным показателям. Этот способ приводит к явлению синергизма и явлению затмения (когда много показателей, менее чем ПДК много раз затмят показатели, превышающие ПДК).

Расчет КИЗВ в значительной степени устраняет недостатки интегральной оценки качества воды с расчетом ИЗВ и ПКВ, т.к. не ограничено количество ингредиентов и показателей для расчета комплексных оценок, и частные оценочные баллы по каждому ингредиенту рассчитывают по формулам, т.е. снижается субъективность. Помимо достоинства, КИЗВ имеет недостатки: при расчетах используются гидрохимические показатели и ускользают биологические показатели.

Новый обобщенный показатель качества воды (ПКВ_{об}) впервые предложил Фам Н.Х. в 2011 г. ПКВ_{об} в значительной степени устраняет недостатки интегральной оценки качества воды с расчетом ИЗВ, КИЗВ и ПКВ.

Во-первых, количество параметров не ограничено, классификация и значения весовых коэффициентов показателей определяются по математическим формулам, т.е. снижаются субъективность и явление синергизма.

Во-вторых, в определении ПКВ_{об} используют и гидрохимические, и гидробиологические показатели, т.е. он достаточен для оценки фактической экологической ситуации в водных объектах.

В-третьих, в результате определения рассмотрена роль показателей, превышающих ПДК, и показателей, не превышающие ПДК, поэтому устраняет явление затмения.

Оценка качества поверхностных вод в устьевой области реки Красная по показателю ПКВ_{об}.

С помощью метода Фам Н.Х. с 10 выбранными параметрами: рН, растворенный кислород (РК), БПК₅, NO₃⁻, PO₄³⁻, сухой остаток, Pb, Cd, Fe, количество кишечных палочек определялся показатель ПКВ_{об} для оценки качества воды в устьевой области реки Красная.

Значения весовых коэффициентов показателей и частных показателей качества воды рассчитывают для питьевой назначения (А) и рыбохозяйственного назначения (В). Результат определения по ПКВ_{об} для 1-го проба воды и значения весовых коэффициентов показателей по ПКВ, разработанные Национальным Санитарным Фондом США (W_i^*), представлены в табл.1.

Таблица 1

Весовые коэффициенты показателей по ПКВ_{об} и по ПКВ

№	Показатель	C _i	ПДК (А)	ПДК (В)	q _i (А)	q _i (В)	W _i ' (А)	W _i (А)	W _i ' (В)	W _i (В)	W _i [*]
1	рН	8,1	6-8,5	5,5-9	0,84	0,74	1,20	0,09	0,86	0,11	0,11
2	РК	6,8	5	4	0,74	0,59	1,11	0,08	0,89	0,11	0,17
3	БПК ₅	8	6	15	1,33	0,53	1,75	0,13	0,70	0,09	0,11
4	NO ₃ ⁻	0,58	5	10	0,12	0,06	1,50	0,11	0,75	0,09	0,1
5	PO ₄ ³⁻	0,1	0,2	0,3	0,50	0,33	1,25	0,09	0,83	0,10	0,1
6	Сухой остаток	113	30	50	3,77	2,26	1,33	0,10	0,80	0,10	0,07
7	Pb	0,04	0,02	0,05	2,00	0,80	1,75	0,13	0,70	0,09	-
8	Cd	0,008	0,005	0,01	1,60	0,80	1,50	0,11	0,75	0,09	-
9	Fe	6,8	1	1,5	6,80	4,53	1,25	0,09	0,83	0,10	-
10	Количество кишечных палочек	2400	5000	7500	0,48	0,32	1,25	0,09	0,83	0,10	0,16

Как видно из таблицы 1, значения весовых коэффициентов показателей по ПКВ_{об} и по ПКВ, разработанные Национальным Санитарным Фондом США (W_i^*), отличаются

незначительно. Так как значения весовых коэффициентов показателей по ПКВ одинаковы для водоёмов разных назначений, а значения весовых коэффициентов показателей по ПКВ_{об} для водоёмов питьевого и рыбохозяйственного назначения разные. Значения весовых коэффициентов показателей по ПКВ_{об} зависят от отношений концентрации показателей к их ПДК, т.е. метод определения значения весовых коэффициентов показателей по ПКВ_{об} имеет научную основу и не субъективны.

Из вышеперечисленных результатов рассчитывалось значение ПКВ_{об}:

$$\text{ПКВ}_{\text{об}} = 71,54.$$

Определение классификации качества воды в ПКВ_{об} производили по формуле (4). Полученная классификация предложена в табл. 2:

Таблица 2

Классификация качества воды в ПКВ_{об}

Значение ПКВ _{об}	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
95 <ПКВ _{об} ≤ 100	I	Условно чистая
90 <ПКВ _{об} ≤ 95	II	Слабо загрязненная
50 <ПКВ _{об} ≤ 90	III	Загрязненная
10 <ПКВ _{об} ≤ 50	IV	Грязная
0 <ПКВ _{об} ≤ 10	V	Экстремально грязная

Согласно результатам, качество поверхностных вод в 1-ом створе отбора проб относится к III-классу, т.е. соответственно вода загрязненная и не может быть использована для питьевой воды.

В результате расчета частоты повторяемости уровня загрязненности воды отмечено, что: поверхностные воды в большинстве створов отбор проб в устьевой области реки Красная загрязненные (частота повторяемости III-класса качества воды равна 75 %). Из-за увеличения концентраций загрязняющих веществ в период половодья частота повторяемости IV-класса качества воды равна 16,7 %, т.е. качество воды в 16,7 %, исследуемый участок является загрязненным. Вода на территории биосферного государственного заповедника Суан Тьюи соответствует условно чистой и слабо загрязненной.

Гидрохимические исследования в устьевой области реки Красная в период половодья 2016 г. выявили ряд характерных особенностей: концентрации сухого остатка и железа превышали ПДК для водоёмов питьевого и рыбохозяйственного назначения. Высокое содержание сухого остатка является характерным для реки Красная и не является признаком

загрязнения. Из-за железных месторождений и сталеплавильных предприятий на бассейне реки Красная концентрация железа в 6–8 раз превышала ПДК для водоёмов питьевого назначения. Другие тяжелые металлы также имеют высокие концентрации и превышали ПДК для водоёмов питьевого назначения. Анализ отдельного показателя не может определить характеристику поверхностных вод в устьевой области реки Красная, поэтому при комплексной оценке был рассчитан показатель ПКВ_{об}.

Таким образом, качество поверхностных вод в устьевой области реки Красная в период половодья 2016 года относится к III классу, т.е. соответственно вода загрязненная и не может быть использована для питьевой воды.

Заключение

Показатели качества воды без весового коэффициента легко рассчитываются, но применение этих методов приводит к самому большому количеству недостатков, так как они недостаточны для сравнения качества воды между разными точками мониторинга, приводят к явлению синергизма. Показатели качества воды с весовым коэффициентом каждого показателя, в том числе ПКВ, разработанный Национальным Санитарным Фондом США, имеют достаточно высокую точность, особенно для водоёмов США. Однако значения весовых коэффициентов показателей рассчитаны в условиях США и не соответствуют условиям Вьетнама. Кроме того, учет этих показателей ограничен количеством параметров, обычно менее 12. Большинство вышеперечисленных показателей не рассматривают взаимодействия между параметрами и их вклад в загрязнение воды. Этот способ приводит к явлению синергизма и явлению затмения.

ПКВ_{об} в значительной степени устраняет недостатки интегральной оценки качества воды с расчетом ИЗВ и ПКВ. При определении значения весовых коэффициентов показателей рассматривают взаимодействия с другими выбранными показателями. Их значения рассчитываются по формуле, т.е. они не имеют субъективности как метод расчета ПКВ. Классификация качества воды зависит от числа выбранных параметров. Число выбранных параметров не ограничено ($n \geq 2$). Этот метод не приводит к явлению синергизма и явлению затмения. Метод определения ПКВ_{об} более подходит для оценки качества воды, чем методы расчета ИЗВ и ПКВ. Можно сказать, что ПКВ_{об} является выгодным инструментом обеспечения удобного мониторинга качества воды во Вьетнаме.

В связи с вышесказанным, в работах по оценке качества поверхностных вод в устьевой области реки Красная (Вьетнам) рекомендуется применять ПКВ_{об} с 10 выбранными параметрами. По итогам расчета ПКВ_{об} отмечено, что качество поверхностных вод в устьевой области реки Красная в период половодья 2016 года относится к III классу – загрязненные воды, что связано с увеличением численности населения, развития городов и

промышленности в бассейне реки Красная, особенно распространение железных месторождений и развитие сталеплавильных предприятий. Вода реки Красная в устьевой области может быть использована для рыбохозяйственного и другого назначения водопользования, кроме питьевого водопользования.

Список литературы

1. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Кримас+, 2004. – 248 с.
2. ПНД Ф 14.1:2:4.139 – 98 «Методика выполнения измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-адсорбционной спектрометрии» / Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. – М., 1998 год (издание 2010 года).
3. РД 52.24.419-2005 «Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом». – СПб.: Гидрометеиздат. – 10 с.
4. РД 52.24.420-2005 «Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом». СПб.: Гидрометеиздат. – 11 с.
5. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – СПб.: Гидрометеиздат. – 25 с.
6. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
7. Pham Ngoc Ho. Total Environment Quality Index (TEQI) in Assessing Environmental Components (Air, Soil and Water). VNU Journal of Science, Earth Science 27 (2011), pp. 127–134.
8. QCVN 08-MT:2015/BTNMT. National technical regulation on surface water quality. – 7 p.