

М.Б. ЗАСЛАВСКАЯ, О.Н. ЕРИНА, Л.Е. ЕФИМОВА

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия, m.zasl@mail.ru, tamiblack@yandex.ru, ef_river@mail.ru

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РЕЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены различные подходы к нормированию качества воды водных объектов, расположенных на территориях со значительной антропогенной нагрузкой. В качестве тестового объекта использован Норильский гидрологический район. Анализируемые данные характеризуют период 2001–2003 гг., однако не потеряли актуальности ввиду высокой антропогенной нагрузки на водные объекты. При параметризации оценены наиболее широко применяемые в настоящее время в России и за рубежом индексы качества воды. Результаты параметризации качества воды, полученные различными методами и объединенные в общую схему, позволили составить с их помощью шкалу оценки гидроэкологического состояния водных экосистем. Приведенные расчеты показывают, что методика УКИЗВ, закрепленная ведомственным нормативом Росгидромета, дает наиболее объективную оценку качества воды для водных объектов со значительным антропогенным воздействием. Схожие результаты обнаруживаются и при параметризации воды по канадской методике, что подтверждает тесноту связи между величинами этих индексов. Согласно методу УКИЗВ, ни в одном из анализируемых водотоков гидроэкологическое состояние не было оценено как «норма». В истоках четырех рек оно оказалось близко к 1-му классу, и их гидроэкологическое состояние оценено как «риск». В 11 створах вода относится к 3-му классу качества, что соответствует «критическому» состоянию водной экосистемы. В 12 створах, относящихся в основном к устьевым районам рек и некоторым ручьям, гидроэкологическое состояние водных объектов характеризуется как «бедствие», т. е. вода относится к 4-му и 5-му классам качества. При этом экологическая катастрофа не фиксируется ни в одном из рассматриваемых объектов.

Ключевые слова: качество воды, параметризация, экологическое состояние, речной сток, загрязнение водных объектов, сточные воды.

M.B. ZASLAVSKAYA, O.N. ERINA, L.E. EFIMOVA

Moscow Lomonosov State University,
119991, Moscow, Leninskie Gory, 1, Russia, m.zasl@mail.ru, tamiblack@yandex.ru, ef_river@mail.ru

COMPARING THE EFFICIENCY OF RIVER WATER QUALITY PARAMETERIZATION BY DIFFERENT METHODS UNDER A SIGNIFICANT HUMAN-INDUCED IMPACT

We examine the different approaches in assessing the water quality of water bodies located within the territories with a significant human-induced impact. The hydrological region of Norilsk was used as a test object. The data used in the analysis characterize the period between 2001 and 2003; however, they are still relevant because of a high level of human-induced impact on water bodies. For the purposes of parameterization, the water quality indices which are being most abundantly used in Russia and abroad were evaluated. Results from parameterizing the water quality, obtained by various methods and combined into an overall scheme, were used to generate the rating scale for assessing the hydro-ecological status of aquatic ecosystems. These calculations show that the method of Specific Combinatorial Water Pollution Index (SCWPI) established by the departmental standard of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of Russia (Rosgidromet) provides the most objective water quality assessment for water bodies experiencing a significant human-induced impact. Similar results also apply for water quality parameterization using the Canadian CCME WQI method, which is confirmed by the closeness of correlation between the values of these indices. According to the SCWPI method, in none of the streams was the hydro-ecological status assessed as “normal”. In the sources of four rivers, it was found to be close to class 1, and their hydro-ecological status was assessed as “risk”. The water in 11 measuring sections corresponds to quality class 3, or a “critical” status of the aquatic ecosystem. In 12 measuring sections corresponding mainly to the estuarine segments of the rivers and some brooks, the hydro-ecological status of the water bodies is characterized as “disaster”, i.e. the water pertains to quality class 4 and 5. Furthermore, in none of the water bodies under study is the environmental “catastrophe” not recorded.

Keywords: water quality, parameterization, ecological status, river runoff, pollution of water bodies, waste water.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение воды приводит к опасным изменениям ее химического состава и, как следствие, к ухудшению качества и потребительских свойств. Влияние антропогенной нагрузки на качество воды проявляется в большинстве случаев в интегральной форме. Оценка загрязнения поверхностных водных объектов выполняется, как правило, на основе сравнения фактических концентраций химических веществ с установленными нормативами их предельно допустимой концентрации (ПДК) в воде. Такой подход предполагает применение экологически не эффективных и не адекватных целям экологического контроля водной среды нормативов, связанных с использованием определенных в лаборатории ПДК. При этом, несмотря на активно критикуемую систему нормирования, в настоящее время нет адекватной альтернативы [1]. Методы оценки загрязнения водных объектов базируются на гидрологических, гидрохимических и гидробиологических данных, полученных с помощью системы мониторинга. По мере совершенствования последней постоянно усложняются контролируемые параметры и увеличивается их число. Данная ситуация чревата тем, что обработка и интерпретация столь большого объема данных станут очень сложны. Для преодоления этих трудностей специалистами многих стран были разработаны классификационные схемы, по которым данные, полученные при мониторинге водного объекта, можно было бы сравнивать со стандартными критериями оценки качества воды. Последние представляют совокупность количественных показателей, характеризующих свойства изучаемых объектов, и используются для их классификации или ранжирования [2]. Оценка загрязнения водного объекта включает процедуру параметризации характеристик качества воды — установление и обоснование диапазонов изменения параметров качества воды, соответствующих большей или меньшей безопасности для населения и хозяйства, а также водных биоценозов. Такая трактовка термина «параметризация» позволяет увязать процедуру параметризации характеристик качества воды с диагностикой возникновения изменений экологического состояния рек [3, 4]. Начало деятельности по стандартизации и нормированию неблагоприятных воздействий в развитых странах мира многие исследователи относят к первой половине 1970-х гг. [5]. К настоящему времени предложено множество методов параметризации качества природных вод [1, 6–8]. Выбор наиболее репрезентативных затруднен ввиду отсутствия сопоставления результатов эффективности их использования в разных ландшафтных условиях формирования химического состава воды и степени хозяйственной освоенности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе подобного исследования в качестве тестовой территории выбран Норильский гидрологический район, характеризующийся как длительностью ряда гидролого-гидрохимических наблюдений, так и большим диапазоном пространственно-временной изменчивости параметров качества воды. Нами использованы результаты мониторинга поверхностных водных объектов — приемников сточных вод, организованного Испытательным экоаналитическим центром Контрольно-аналитического управления Заполярного филиала ОАО «ГМК Норильский никель», за 2001–2003 гг.

Территория Норильского гидрологического района относится к горно-тундровой зоне с фрагментами лесотундры и березово-лиственничного редколесья. Основные водные объекты района — оз. Пясина, расположенное у подножия северо-западных отрогов плато Путорана, и его приток — р. Норильская (в верховье — р. Талая), в которую впадает несколько крупных притоков: реки Рыбная, Наледная, Валек, Талнах, Хараелах, Томулах, Амбарная, Щучья и др. На территории рассматриваемого района имеется ряд озер и водохранилищ, служащих водоисточниками и приемниками стоков Норильского металлургического комбината: озера Кыллах-Кюэль, Долгое, Тихое, Подкаменное и др., а также Хараелахское водохранилище. Химический состав и гидролого-гидрохимический режим водных объектов Норильского гидрологического района определяются как природными особенностями исследуемого района, так и техногенным фактором — воздействием сточных вод различных производств Норильского горно-металлургического комбината [9].

К основным природным факторам формирования химического состава и гидролого-гидрохимического режима рек исследуемого района следует отнести высокую водность, существенную зарегулированность стока из-за наличия в бассейне крупных озер (их общая площадь составляет 10 % от всей площади бассейна) и весьма значительную роль подземного питания в общем стоке реки (15 % для р. Норильской и 10–15 % — для рек Щучей, Амбарной и др.). Начало гидрологического изучения водных объектов в бассейне р. Норильской датируется 1937 г. и совпадает с периодом строительства г. Норильска, а гидрохимические наблюдения начались лишь в 1960-х гг. вместе с промышленным

освоением Норильского и Талнахского месторождений. Последнее обстоятельство позволяет предполагать незначительное участие антропогенных источников в период 1960–1970 гг. в формировании химического состава природных вод исследуемого района, который можно считать условно фоновым. В Норильском гидрологическом районе в этот период в условиях сурового климата, избыточного увлажнения, при наличии многолетней мерзлоты и хорошо отмытых почвогрунтов сформировались мало- и среднеминерализованные воды гидрокарбонатно-кальциевого состава с низким содержанием органических и биогенных веществ. Минерализация речных вод во время половодья изменялась от 10 до 75 мг/дм³, в зимнюю межень — 50–150 мг/дм³. Важная особенность солевого состава маломинерализованных поверхностных вод исследуемого района заключается в повышении содержания сульфатных ионов (до 18–25 %-экв). Причиной могло быть наличие руд, насыщенных сульфидами, широкое развитие карстовых явлений при наличии гипсоносных пород, многочисленные выходы подземных вод в зимнее время в виде источников и наледей, когда в стоке реки преобладают подземные воды [9].

Существенную роль в общем объеме речного стока играют сточные воды предприятий и жилого сектора горно-металлургического комбината, который осуществлял в 2001–2003 гг. сброс в водные объекты района неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод многочисленных производств. Существенное воздействие на трансформацию химического состава природных вод оказывал и аэротехногенный перенос промышленной пыли, содержащей такие металлы, как никель, медь, свинец и др., а также в больших количествах диоксид серы (побочный продукт при извлечении цветных металлов). Распределение объема сброса по водным объектам весьма неравномерно. Более 95 % всего сброса загрязненных стоков приходится на бассейны рек Щучей, Талнах, Амбарной и Новой Наледной. Основная масса загрязняющих веществ в воде представлена нитритами, железом, никелем и медью, взвешенными веществами, сульфатами, хлоридами, биогенными веществами, нефтепродуктами, СПАВ, среди которых выделяется значительная группа с критическим (КЗ) (51–100 ПДК) и экстремально высоким (ЭВЗ) (>100 ПДК) уровнями загрязнения [9].

Для сравнения эффективности параметризации качества поверхностных вод из множества разработанных во всем мире методов были выбраны наиболее широко применяемые в России, а также несколько индексов, успешно используемые мониторинговыми службами других стран мира.

Наиболее распространенный в России метод основан на расчете гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ) [10]. Определенным диапазоном изменения величины ИЗВ соответствуют классы загрязненности воды (табл. 1).

Более совершенным его продолжением является «Комплексная классификация по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды» — УКИЗВ [8, 11–14]. Этот метод позволяет осуществлять как дифференцированную по отдельным показателям, так и комплексную оценку загряз-

Таблица 1

Градации качества поверхностных вод, выделяемые различными классификациями

| Класс качества воды | УКИЗВ | | ИЗВ | | СJ | | Канадский индекс WQI | |
|---------------------|------------|----------------------|-----------|--------------------------|--------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1,0 | Условно чистая | ≤0,3 | Очень чистая | 83–100 | От отсутствия до легкой | 95–100 | Отличное |
| 2 | 1,01–2,0 | Слабо загрязненная | 0,3–1,0 | Чистая | 73–83 | Легкая | 80–94 | Хорошее |
| 3 | 2,01–4,0: | Загрязненная » | 1,01–2,5 | Умеренно загрязненная | 56–73 | Средняя | 65–79 | Удовлетво- рительное |
| а | 2,01–3,0 | | | | | | | |
| б | 3,01–4,0 | Сильно загрязненная | | | | | | |
| 4 | 4,01–11,0 | Грязная » | 2,51–4,0 | Загрязненная | 44–56 | Критическая | 45–64 | Критиче- ское |
| а | 4,01–6,0 | | | | | | | |
| б | 6,01–8,0 | Очень грязная » | | | | | | |
| в | 8,01–10,0 | | | | | | | |
| г | 10,01–11,0 | | | | | | | |
| 5 | >11,0 | Экстремально грязная | 4,01–6,0 | Грязная | 27–44 | Сильная | 0–44 | Плохое |
| 6 | – | – | 6,01–10,0 | Очень грязная | 17–27 | Очень сильная | – | – |
| 7 | – | – | <10 | Чрезвычайно грязная | 0–17 | Избыточная | – | – |

Примечание. 1 — значение индекса, 2 — характеристика качества воды согласно значению индекса. Прочерк — индекс или характеристика отсутствуют в данной классификации.

ненности воды по всей группе измеряемых показателей. Главное достоинство метода заключается в учете не только степени превышения нормативного значения каждого показателя качества воды, но и частоты этого превышения. Данная классификация внедрена на сети Росгидромета вместо ИЗВ.

Классификация качества воды на основе УКИЗВ позволяет выделить пять классов по степени загрязненности воды (см. табл. 1). Для большей дифференциации оценки внутри 3-го и 4-го классов выделяются разряды. В случае если обобщенный оценочный балл ≥ 9 , то выделяется критический показатель загрязненности воды (КПЗ), который учитывается в градации классов качества.

Кроме того, в работе использован индекс качества воды WQI (канадский индекс), разработанный советом министров окружающей среды Канады и чья расчетная схема сходна с УКИЗВ [15]. Он широко применяется во всем мире для характеристики качества поверхностных вод [16–20].

Расчет основывается на учете трех факторов: количество компонентов, по которым наблюдается превышение нормативов, частота и кратность их превышения. Результирующая величина может принимать значения от 100 (наиболее благополучное состояние) до 0 (неблагополучное). Данная классификация предусматривает 5 классов качества воды (см. табл. 1).

Рассмотренные выше методы параметризации качества воды в соответствии с учетом используемых наборов гидрохимических показателей характеризуют общую химическую нагрузку на водный объект. Другая группа классификаций использует только те химические и физико-химические параметры, которые влияют на интенсивность биохимических и биологических процессов в водном объекте.

Один из наиболее эффективных методов подобного типа (баварский метод) разработан в Германии Баварской службой использования вод. В его основе лежит оценка величины химического индекса качества речных вод (СJ), характеризующего его обобщенное (интегральное) значение в виде одного числа [6, 7]. В зависимости от полученной величины определяется степень загрязнения воды. Процедура параметризации качества воды сводится к определению класса качества воды или его промежуточных вариантов в зависимости от степени ее загрязнения. Химический индекс может принимать значения от 100 (наиболее благополучное состояние) до 0 (неблагополучное).

Сравнение классификаций осложняется использованием различных наборов показателей, а также количеством предусмотренных классов качества. Так, в методах ИЗВ и СJ используется минимальный набор компонентов (6 и 8 соответственно), в УКИЗВ и WQI количество учитываемых показателей неограниченно, однако для первого существует обязательный перечень из 15 характеристик, а разработчики второго рекомендуют использовать не менее 4 ключевых компонентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для сравнения методов параметризации качества поверхностных вод Норильского гидрологического района разработана единая шкала классов качества воды. Граничные значения диапазонов величин индексов некоторых классов были пересмотрены. В результате во всех рассмотренных методах параметризации качества воды выделено 6 классов (табл. 2), в отличие от оригинальных вариан-

Таблица 2

Объединенная таблица методов параметризации качества поверхностных вод и оценок гидроэкологического состояния водных экосистем

| Метод параметризации | | Класс качества воды | | | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| УКИЗВ | Величина Характеристика | 1 Условно чистая | 1,01–2,0 Слабо загрязненная | 2,01–4,0 Загрязненная | 4,01–8,0 Очень загрязненная | 8,01–11,0 Грязная | >11 Экстремально грязная | |
| ИЗВ | Величина Характеристика | ≤0,3 Очень чистая | 0,3–1,0 Чистая | 1,01–2,5 Умеренно загрязненная | 2,51–4,0 Загрязненная | 4,01–6,0 Грязная | 6,01–10,0 Очень грязная | >10 Чрезвычайно грязная |
| СJ | Величина Характеристика | 83–100 От отсутствия до легкой | 73–83 Легкая | 56–73 Средняя | 44–56 Критическая | 27–44 Сильная | 0–27 Очень сильная, избыточная | |
| Канадский индекс WQI | Величина Характеристика | 95–100 Отличное | 80–94 Хорошее | 65–79 Удовлетворительное | 45–64 Критическое | | 0–44 Плохое | |
| Общая оценка гидроэкологического состояния | | Норма | Риск | Кризис | Бедствие | | Катастрофа | |

тов, состоящих из 5 или 7 классов (см. табл. 1). В классификации УКИЗВ, где выделяется всего 5 классов (без учета разрядов), был выделен дополнительный класс, полученный путем деления 4-го класса, охватывающего крайне широкий диапазон изменений индекса. Таким образом, разряды 4в и 4г оригинальной классификации были объединены в отдельный 5-й класс, а 5-й класс стал 6-м.

Первые два класса, выделяемые методикой ИЗВ, объединены в один вследствие очень узкого диапазона значений индекса для 1-го и 2-го классов в оригинальной классификации ($\leq 0,3$ и $0,3-1,0$ соответственно). Таким образом, диапазон значений ИЗВ для воды 1-го класса в предложенном варианте составил 0–1 балл, а общее количество классов уменьшилось до шести (см. табл. 2). По той же причине в баварском методе объединены 6-й и 7-й классы оригинальной методики, в результате чего диапазон значений индекса для 6-го класса в предложенном варианте шкалы составил 0–27 баллов.

Канадская методика изменений не претерпела. Классы параметризации качества воды сопоставлены со шкалой гидроэкологического состояния водных объектов следующим образом: 1-му классу соответствует «норма», 2-му — «риск», 3-му — «кризис», 4-му и 5-му — «бедствие», а 6-му классу качества — «катастрофа» (см. табл. 2). В результате была получена единая шкала параметризации гидроэкологического состояния водных объектов с использованием различных классификаций качества воды.

В поверхностных водах тестового объекта обнаруживается большая неоднородность в оценке качества воды и, соответственно, экологического состояния водного объекта при использовании того или иного метода параметризации.

Баварский индекс (СJ) оценивает гидроэкологическое состояние водотоков как наиболее благополучное: в 17 из 27 створов наблюдения за качеством воды она относится к 1-му классу, что соответствует норме. Ввиду того что другими рассматриваемыми классификациями подобные оценки не подтверждаются, баварский индекс нельзя считать эффективным применительно к рассматриваемым водотокам. У данного метода существует принципиальный недостаток, затрудняющий его применение на водных объектах с сильной антропогенной нарушенностью химического состава, — фиксированный перечень показателей. В этой классификации косвенно учитываются экосистемные требования, что делает ее более подходящей для диагностики степени благополучия экологического состояния водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей. Однако в бассейнах рек, где значительное влияние на формирование качества воды оказывает промышленность, необходимо учитывать специфические загрязняющие вещества, которые приводят к деградации водных экосистем.

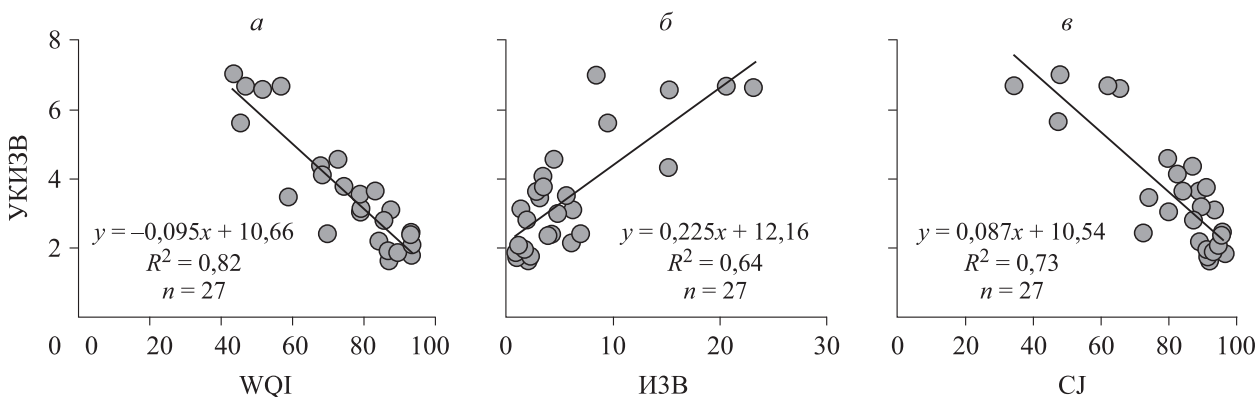
Очень пестрая картина обнаруживается при параметризации качества воды по значениям ИЗВ. В четырех створах наблюдения гидроэкологическое состояние водных объектов оценивается как «катастрофа», еще в девяти — как «бедствие», в пяти — как «кризис», в семи — как «риск» и лишь в двух как «норма». Однако данная оценка также не представляется объективной по сравнению с другими классификациями ввиду очень ограниченного списка показателей, а также невозможности учесть региональные особенности формирования химического состава. Кроме того, данный метод не учитывает кратность и повторяемость загрязнения, что крайне важно для территорий с сильным антропогенным воздействием.

Согласно методу УКИЗВ, ни в одном из анализируемых водотоков гидроэкологическая ситуация не оценивается как «норма». Качество воды в четырех створах — истоках рек Талнах, Томулах, Амбарной и Ергалах — по значениям индекса близко к 1-му классу, однако из-за наличия КПЗ вода в этих водотоках отнесена ко 2-му классу качества, а гидроэкологическое состояние оценено как «риск» (табл. 3). Еще в 11 створах вода относится к 3-му классу качества, что соответствует «критическому» состоянию водной экосистемы. Сюда относятся озера Тихое и Подкаменное, истоки рек Хараелах и Купец, а также устья руч. Южный Угольный, р. Ергалах и др. В 12 створах гидроэкологическое состояние водных объектов характеризуется как «бедствие», т. е. вода относится к 4-му и 5-му классам качества: все четыре створа на реках Щучей и Новой Наледной, устьевые районы рек Амбарной, Далдыкана, Купца, Талнаха, оз. Кыллах-Кюэль и др. При этом экологическая «катастрофа» не фиксируется ни в одном из рассматриваемых объектов.

Схожие результаты обнаруживаются и при параметризации качества воды рассматриваемых объектов по канадской методике, что подтверждается теснотой связи между величинами этих индексов ($R^2 = 0,82$) (см. рисунок). В целом можно считать данный метод менее жестким: примерно в половине случаев качество воды оценивается по классификации WQI лучше, чем согласно УКИЗВ (см. табл. 3). Например, гидроэкологическая ситуация в районе истока р. Новой Наледной, согласно УКИЗВ, характеризуется как «бедствие», тогда как по оценке WQI — только как «кризис». Но так как

Гидроэкологическое состояние водных объектов Норильского гидрологического района, оцененное методами УКИЗВ и WQI

| Водный объект – створ | УКИЗВ | | Канадский индекс WQI | | Общая оценка гидроэкологического состояния | |
|--|----------|----------------|----------------------|----------------|--|----------------------|
| | значение | класс качества | значение | класс качества | УКИЗВ | канадский индекс WQI |
| оз. Кыллах-Кюэль | 3,4 | 4 | 58,4 | 4 | Бедствие | Бедствие |
| оз. Подкаменное | 3,1 | 3 | 87,3 | 2 | Кризис | Риск |
| оз. Тихое | 2,2 | 3 | 84,2 | 2 | » | » |
| р. Амбарная, исток | 1,7 | 2 | 86,7 | 2 | Риск | » |
| » , устье | 3,5 | 4 | 78,4 | 3 | Бедствие | Кризис |
| р. Буровая, после хвостохранилища НМЗ | 3,0 | 3 | 78,7 | 3 | Кризис | » |
| р. Далдыкан, исток | 1,8 | 3 | 89,3 | 2 | » | Риск |
| » , устье | 4,4 | 4 | 67,6 | 3 | Бедствие | Кризис |
| р. Ергалах, исток | 1,9 | 2 | 86,5 | 2 | Риск | Риск |
| » , устье | 2,0 | 3 | 92,6 | 2 | Кризис | » |
| р. Кайеркан, 500 м до сброса ОС г. Кайеркана | 2,4 | 3 | 69,7 | 3 | » | Кризис |
| » , 500 м после сброса ОС г. Кайеркана | 5,6 | 5 | 45,0 | 4 | Бедствие | Бедствие |
| р. Купец, исток | 2,4 | 3 | 93,0 | 2 | Кризис | Риск |
| » , устье | 6,6 | 5 | 46,2 | 4 | Бедствие | Бедствие |
| р. Новая Наледная, исток | 4,6 | 4 | 72,2 | 3 | » | Кризис |
| » » , устье | 7,0 | 5 | 43,2 | 5 | » | Катастрофа |
| р. Талнах, исток | 1,8 | 2 | 93,0 | 2 | Риск | Риск |
| » , устье | 4,1 | 4 | 68,4 | 3 | Бедствие | Кризис |
| р. Томулах, исток | 1,9 | 2 | 89,4 | 2 | Риск | Риск |
| » , устье | 3,1 | 3 | 78,8 | 3 | Кризис | Кризис |
| р. Хараелах, исток | 2,1 | 3 | 92,9 | 2 | » | Риск |
| » , устье | 2,4 | 3 | 92,9 | 2 | » | » |
| р. Щучья, исток (руч. Медвежий) | 3,6 | 4 | 82,9 | 2 | Бедствие | » |
| » , исток (руч. Каскадный) | 3,8 | 4 | 74,5 | 3 | » | Кризис |
| » , исток (руч. Угольный) | 6,6 | 4 | 51,5 | 4 | » | Бедствие |
| » , устье | 6,7 | 5 | 56,5 | 4 | » | » |
| руч. Южный Угольный, устье | 2,8 | 3 | 85,3 | 2 | Кризис | Риск |



Связь УКИЗВ с другими классификациями качества воды на примере объектов Норильского гидрологического района.

y — УКИЗВ; x — WQI (а), IZB (б), CJ (в); R^2 — коэффициент детерминации, характеризующий тесноту связи между индексами; n — длина ряда.

часто значения самих индексов находятся на границе классов, подобные отклонения не представляются существенными. В остальных створах наблюдается соответствие классов качества по российской и канадской методикам.

Таким образом, для характеристики гидроэкологического состояния водных экосистем выбранного тестового района наиболее эффективными представляются нормативно закреплённая в системе Росгидромета методика УКИЗВ, а также использующая сходные принципы канадская методика WQI.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методики комплексной оценки качества воды по гидрохимическим показателям служат удобным инструментом для сравнения уровня загрязнённости водных объектов. При этом различия в количестве выделяемых классов серьёзно осложняли возможность использования оценок, получаемых различными методами. Поэтому разработка единой шкалы позволила существенно упростить сопоставление результатов, получаемых по той или иной классификации.

Важнейшими факторами, учёт которых необходим при выборе используемого индекса для получения объективных оценок, являются ландшафтные условия формирования химического состава воды и степень хозяйственной освоенности территории.

При параметризации качества воды антропогенно нарушенных территорий крайне важно принимать к сведению специфические показатели загрязнения, повторяемость и кратность превышения ими установленных нормативов (в России ПДК). При этом перечень учитываемых при расчёте и анализе компонентов химического состава должен быть достаточно широк для объективности получаемой оценки. Использование экологических методов оценки загрязнённости, таких как баварский, не позволяет получить объективных оценок состояния водной экосистемы, что в свою очередь может повлечь за собой возникновение катастрофических последствий из-за отсутствия своевременных мер по предотвращению сверхнормативного загрязнения водных объектов.

Результатами расчётов показано, что методика УКИЗВ, закреплённая в настоящее время в системе Росгидромета, даёт наиболее объективную оценку качества воды в водных объектах со значительным антропогенным воздействием и по результатам сопоставима с другими используемыми в международной практике методами. При этом достоинством канадского метода WQI является возможность его использования в случаях, когда мониторинг качества воды не охватывает все необходимые для расчёта УКИЗВ показатели.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (14-17-00155).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рисник Д.В., Беляев С.Д., Булгаков Н.Г., Левич А.П., Максимов В.Н., Мамихин С.В., Милько Е.С., Фурсова П.В., Ростовцева Е.Л. Подходы к нормированию качества окружающей среды. Законодательные и научные основы существующих систем экологического нормирования // Успехи современной биологии. — 2012. — Т. 132, № 6. — С. 531–550.
2. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. — Тольятти: Изд-во Ин-та экологии Волжского бассейна РАН, 2003. — 463 с.
3. Алексеевский Н.И., Заславская М.Б. Качество воды: формирование и параметризация // Материалы XIII междунар. науч.-практ. симпозиума и выставки «Чистая вода России» (17–19 марта 2015 г., Екатеринбург). — Екатеринбург: Изд-во Рос. НИИ компл. использования и охраны водных ресурсов, 2015. — С. 4–14.
4. Алексеевский Н.И., Заславская М.Б., Гончаров А.В. Методические подходы к изучению и параметризации качества воды // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2016. — № 2. — С. 13–21.
5. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. — Екатеринбург: Наука, 1994. — 280 с.
6. Кимстач В.А. Классификации качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сотрудничества. — СПб.: Гидрометеоздат, 1993. — 48 с.
7. Семин В.А. Основы рационального водопользования и охраны водной среды. — М.: Высш. шк., 2001. — С. 38–77.
8. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. — СПб.: Гидрометеоздат, 2005. — 576 с.
9. Заславская М.Б., Лапина Е.С. Техногенная трансформация химического состава водных объектов Норильского гидрологического района // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2008. — № 3. — С. 13–18.
10. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. Утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250-1163. — М.: Госкомгидромет СССР, 1986. — 5 с.

11. **Методические** указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. РД 52.24.643-2002. — 2002 [Электронный ресурс]. — files.streyinf/Data2/4293831/4293831806.htm (дата обращения 09.01.2017).
12. **Трусова Л.Н.** Комплексная оценка степени загрязненности реки Вологда // Изв. Рос. пед. ун-та им. А.И. Герцена. — 2012. — № 153 — С. 124–129.
13. **Платонова Т.П., Пакукина А.П.** Экологическая оценка состояния поверхностных вод Амурской области // Дальневост. аграр. вестн. — 2012. — № 1 (21). — С. 26–31.
14. **Лучкин В.А.** Сравнительный анализ влияния нефти и газодобывающих комплексов на качество поверхностных вод (на примере Приобского и Медвежьегорского месторождений // Вестн. Тюмен. ун-та. Социально-экономические и правовые исследования. — 2012. — № 7. — С. 63–68.
15. **Canadian Council of Ministers of the Environment.** Water quality index calculator. — Vol. 1.2 [Электронный ресурс]. — [http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20Calculator%201.2%20\(en\).xls](http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20Calculator%201.2%20(en).xls) (дата обращения 31.08.2016).
16. **Hurley T., Sadiq R., Mazumder A.** Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality // Water Research. — 2012. — N 46 (11). — P. 3544–3552.
17. **Munna G.M., Chowdhury M.M.I., Masrur Ahmed A.A., Sadia Chowdhury C., Alom M.M.** A Canadian water quality guideline-water Quality Index (CCME-WQI) based assessment study of water quality in Surma River // Journ. of Civil Engineering and Construction Technology. — 2013. — N 4 (3). — P. 81–89.
18. **Lumb A., Halliwell D., Sharm T.** Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie river basin, Canada // Environmental Monitoring and Assessment. — 2006. — N 113 (1). — P. 411–429.
19. **Rosemond S.D., Duro D.C., Dubii M.** Comparative analysis of regional water quality in Canada using the Water Quality Index // Environmental Monitoring and Assessment. — 2009. — N 156 (1–4). — P. 223–240.
20. **Gyamfi C., Boakye R., Awuah E., Anyemedu F.** Application of the CCME-WQI model in assessing the water quality of the Aboabo River, Kumasi-Ghana // Journ. of Sustainable Development. — 2013. — N 6 (10). — P. 1–7.

Поступила в редакцию 05.10.2016

После доработки 10.04.2017

Принята к публикации 27.12.2018