

ТРЕТЬИ ВИНОГРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ГРАНИ ГИДРОЛОГИИ

Сборник материалов

28-30 марта 2018



УДК 556.5
ББК 26.222
С 23

С 23 Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова «Третьи виноградовские чтения. Грани гидрологии» [Электронный ресурс]; Санкт-Петербург, 28–30 марта 2018 года / под ред. О. М. Макарьевой. – СПб.: Научное издание, 2018. – 982 с. URL: <http://publishing.intelgr.com/archive/hydrology-facets.pdf>.

ISBN 978-5-6040965-7-4

28–31 марта 2018 г. в Санкт-Петербургском государственном университете прошла Третья международная научно-практическая конференция для студентов, аспирантов и молодых ученых «Третьи виноградовские чтения. Грани гидрологии», посвященная памяти выдающегося русского гидролога проф. Ю.Б. Виноградова.

Ю.Б. Виноградов являлся ведущим ученым России в области гидрологии. Он автор более 100 научных работ, в том числе нескольких основополагающих монографий по математическому моделированию гидрологических процессов, катастрофическим гидрологическим явлениям (прорывным паводкам и селевым потокам).

Программа конференции 2018 года состояла из шести научных секций:

1. На грани фазовых переходов, или гидрология холодных, высокогорных регионов и криолитозоны, а также снег, ледовые процессы и явления.
2. Новые грани гидрологии, или об использовании геоинформационных технологий, изотопных методов, данных дистанционного зондирования и других новейших методов исследований в решении задач гидрологии.
3. Многогранная гидрология, или результаты региональных исследований.
4. Грани гидроэкологии и водопользования.
5. За гранью катастроф.
6. На грани науки и практики, или прикладные гидрологические задачи и методы их решения.

УДК 556.5
ББК 26.222

© Макарьева О. М., 2018

ISBN 978-5-6040965-7-4

Анализ чувствительности различных методов оценки качества воды водных объектов при изменении перечня контролируемых показателей

Ерина О.Н., Ефимова Л.Е., Заславская М.Б.

МГУ имени М.В.Ломоносова, г.Москва

tamiblack@yandex.ru

Аннотация: В данной работе приводятся результаты анализа чувствительности методов оценки качества воды к количеству учитываемых показателей. В качестве тестовых объектов использованы данные наблюдений за химическим составом и загрязненностью рек Норильского гидрологического района, испытывающих серьезную антропогенную нагрузку. Оценка проводилась для нормативно закрепленного в Российском законодательстве удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ) и рекомендованного для использования ООН канадского индекса качества воды (CCME WQI). Для обоих индексов использовался одинаковый набор показателей из обязательного перечня методики расчета УКИЗВ. При расчетах производили последовательное исключение от 1 до 10 показателей, были проведены оценки для всех комбинаций исключаемых параметров.

Результаты расчетов показали, что наибольшую чувствительность обе методики проявляют к учету критических показателей загрязненности – тех компонентов химического состава, для которых наблюдается максимальное стабильное превышение нормативов качества воды. При этом исключение до 5-7 показателей, не относящихся к специфическим загрязнителям, характерным для данного водного объекта, позволило отнести воду в 80% водных объектов к тому же классу, что и при расчете по оригинальным методикам.

Сопоставление чувствительности избранных методик дало близкие результаты. Расхождения при исключении различного количества параметров между получаемыми оценками не превышали 10%. При этом индекс CCME WQI не имеет ограничений по перечню используемых показателей.

Проведенное исследование свидетельствует о возможности исключения показателей из обязательного перечня согласно методике УКИЗВ. Это может позволить оптимизировать региональный мониторинг качества поверхностных водных объектов с получением адекватных оценок.

Ключевые слова: Качество воды, параметризация, экологическое состояние, анализ чувствительности, загрязнение водных объектов

Введение

Все существующие методы оценки качества воды, как разработанные и нормативно закрепленные в Российском законодательстве, так и применяемые в других странах мира, имеют свои ограничения. Так, в большинстве классификаций оговаривается минимальный необходимый для расчета перечень учитываемых показателей химического состава воды, а в наиболее комплексных схемах параметризации – и минимальное количество проб воды, учитываемое при расчете. Однако, при оценке качества воды, особенно в контексте изучения многолетних изменений, часто встречаются ситуации, когда условия применения той или иной методики не могут быть соблюдены, в первую очередь из-за отсутствия регламентируемого набора контролируемых показателей. Так, при расчете удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ), являющегося в настоящее время единственным действующим методом классификации качества воды на территории Российской Федерации, обязательный перечень учитываемых компонентов

состоит из 15 показателей, не все из которых определялись на постах Росгидромета в различные периоды проведения мониторинга качества воды. При этом ни в Методических указаниях по расчету УКИЗВ, ни в литературе не встречаются работы, посвященные исследованию достоверности получаемых оценок загрязненности поверхностных вод при нарушении требований к списку компонентов химического состава, используемых при параметризации.

Материалы и методы

Оценка чувствительности методов параметризации качества воды была проведена на примере водных объектов Норильского гидрологического района. Норильский гидрологический район характеризуется как длительностью ряда гидролого-гидрохимических наблюдений, так и большим диапазоном пространственно-временной изменчивости параметров качества воды (Заславская и Лапина, 2008). В исследовании использованы результаты мониторинга поверхностных водных объектов – приемников сточных вод, организованных испытательным экоаналитическим центром контрольно-аналитического управления Заполярного филиала ОАО «ГМК Норильский никель» за 2001–2003 гг. Данные о химическом составе водных объектов включали 27 показателей: 15 из обязательного Перечня, а также 12 дополнительных компонентов химического состава воды, в том числе специфических загрязнителей антропогенного происхождения.

Проверка чувствительности проводилась для двух методов, признанных наиболее эффективно оценивающими качество воды в водных объектах – УКИЗВ (Методические..., 2002) и канадского индекса ССМЕ WQI (Hurley et al, 2012; Rosemond et al, 2009). В рамках исследования производились расчеты индексов при последовательном исключении от одного до 10 показателей из обязательного Перечня. Были проведены оценки для всех комбинаций исключаемых параметров, значения индексов и классы качества сравнивались с оценками, полученными при расчете в строгом соответствии с оригинальными методиками.

В сумме было проведено по 30826 тестовых расчетов величины УКИЗВ и канадского индекса ССМЕ WQI для 24 расчетных створов.

Результаты и обсуждение

Результаты расчетов чувствительности используемых методов оценки качества воды к перечню учитываемых компонентов показали, что при исключении 1 или 2 показателей значения УКИЗВ меняются в среднем на 5–6%. При этом изменение класса качества происходит в 21–25% случаев и касается в основном наименее загрязненных водных объектов. Так, истоки рек Далдыкан, Купец и Хараелах, характеризовавшиеся 2 классом качества, стали относиться к 1 классу, а гидроэкологическое состояние в них согласно разработанной авторами шкале параметризации (Алексеевский и др., 2015; Ерина и др., 2017) стало характеризоваться как «норма».

Наименьшую чувствительность к количеству исключаемых показателей из обязательного перечня обнаружили водные объекты, характеризующиеся 4 и более критическими показателями загрязненности. Так, в устьевых створах в р.Н.Наледная и р.Щучья не произошло изменения класса качества воды согласно величине УКИЗВ, а изменения в самом значении индекса не превышали 6% (таб.1). В воде в данных пунктах обнаруживается 5 критических показателей загрязненности, а класс качества воды определен как 4.

В общем случае, наиболее существенное изменение величины УКИЗВ происходит при исключении 9 и более параметров из обязательного перечня. Изменения класса качества при исключении 10 показателей произошли в 67% тестируемых пунктов наблюдений, примерно в половине случаев различия достигали 2 классов.

Результаты расчетов подтвердили гипотезу о том, что ключевое влияние на класс качества воды оказывают критические показатели загрязненности (КПЗ) – те компоненты, по которым в среднем за расчетный период наблюдается превышение ПДК более, чем в 9 раз. Для большинства водных объектов Норильского гидрологического района к таким показателям относятся никель, медь, сульфаты и аммоний. Так, если в среднем при исключении 4 показателей значения УКИЗВ изменяются на 2,5–13,4%, то в случае исключения перечисленных 4 компонентов отклонения могут достигать 68% (рис.1).

Табл. 1. Отклонения значений УКИЗВ (в %) от рассчитанных по оригинальной методике при исключении различного количества показателей

№	Водный объект - пункт наблюдений	Количество исключаемых показателей									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	оз. Кыллах-Кюэль	4	5	5	4	5	9	18	19	22	35
2	оз. Подкаменное	5	7	9	7	9	12	14	13	17	9
3	оз. Тихое	7	7	10	10	9	11	10	11	14	41
4	р. Амбарная, исток	7	8	9	11	9	9	11	12	16	48
5	р. Амбарная, устье	5	7	7	6	6	6	7	7	14	28
6	р. Буровая, после хвостохранилища НМЗ	4	4	8	7	5	9	8	8	9	11
7	р. Далдыкан, исток	7	9	11	11	11	13	12	12	20	52
8	р. Далдыкан, устье	4	5	7	7	7	4	6	7	12	23
9	р. Ергалах, исток	7	8	9	9	9	9	12	13	24	59
10	р. Ергалах, устье	7	8	10	10	9	9	12	13	35	65
11	р. Купец, исток	7	8	10	10	11	13	13	13	15	44
12	р. Купец, устье	3	4	6	6	5	5	7	7	10	20
13	р. Новая Наледная, исток	4	4	8	8	10	9	9	9	9	9
14	р. Новая Наледная, устье	2	2	2	2	5	4	3	4	5	6
15	р. Талнах, исток	7	8	12	12	10	9	11	12	13	24
16	р. Талнах, устье	4	4	5	5	5	8	10	10	20	33
17	р. Томулах, исток	9	11	13	13	15	11	28	28	34	80
18	р. Томулах, устье	5	6	6	6	8	6	10	11	27	46
19	р. Хараелах, исток	7	8	11	11	11	10	16	17	25	65
20	р. Хараелах, устье (перелив в Хараелахское водохранилище)	7	9	10	10	10	11	11	12	22	54
21	р. Щучья, исток (руч. Медвежий)	6	6	8	7	8	10	10	10	9	14
22	р. Щучья, исток (руч. Каскадный)	5	5	5	5	6	6	7	7	13	31
23	р. Щучья, исток (руч. Угольный)	3	3	3	3	4	4	4	5	7	12
24	р. Щучья, устье	2	3	3	3	5	4	4	4	4	4
25	<i>Среднее</i>	5	6	8	8	8	8	10	11	16	34

По осредненным данным только в 21% створов происходит смена класса качества, а различия с оригинальной методикой не превышают 1 класса. При исключении 4 критических для данного района показателей загрязненности уже в 54% случаев наблюдаются изменения класса качества, при этом расширяется диапазон этих изменений – в 2 пунктах мониторинга при неучете КПЗ отклонение оценки качества от полученной по нормативно закреплённой методике составляет уже 2 класса.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в оригинальную методику расчета УКИЗВ допустимо внесение изменений по части исключения показателей из указанных в обязательном перечне. Для обоснования исключаемых показателей необходимо для тестового периода определить величину УКИЗВ по оригинальной

методике и выявить критические показатели загрязненности воды, которые должны учитываться при расчете индексов для обеспечения объективных результатов параметризации качества воды. Из остальных компонентов химического состава воды рекомендуется учитывать те, которые комплексно характеризуют состояние водной экосистемы, такие как содержание кислорода, величина БПК₅, ХПК и некоторые из соединений азота, например, концентрации нитритов и ионов аммония. Учет этих показателей в совокупности с КПЗ воды и специфическими загрязнителями, характерными для данного объекта, позволит в первую очередь экономически оптимизировать процесс мониторинга за качеством поверхностных водных объектов.

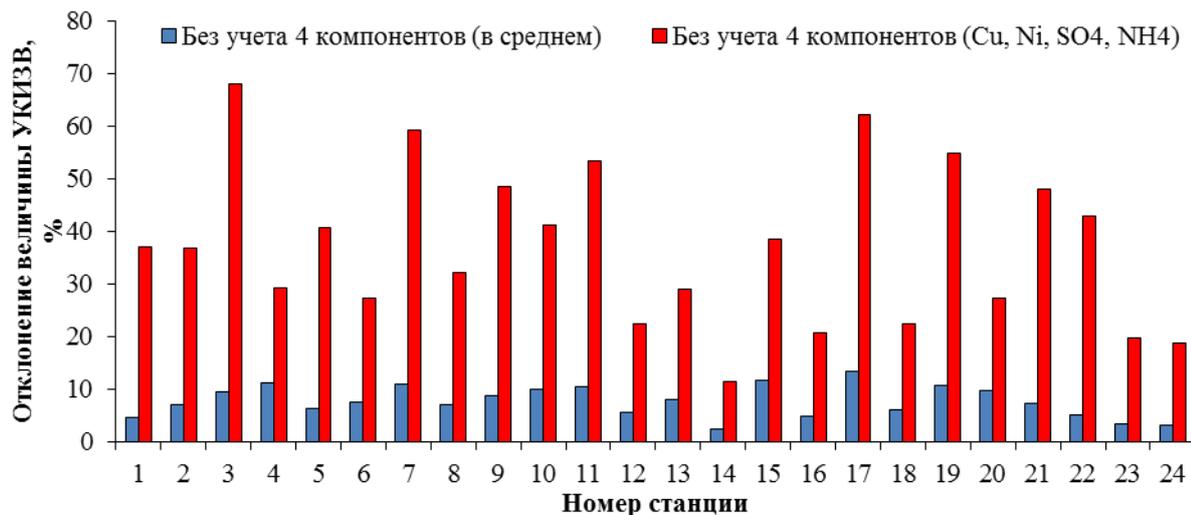


Рис. 1. Отклонения значений УКИЗВ при исключении 4 компонентов из обязательного перечня

Результаты оценки чувствительности канадского метода параметризации качества воды CCME WQI не выявили существенных отличий от российской классификации УКИЗВ, что обусловлено схожими принципами, лежащими в основе их расчета. Ввиду того, что расхождения не превышали 5-10%, а главное – не наблюдалось расхождений между оценками классов качества воды, полученными по этим методикам, все рекомендации по оптимизации перечня учитываемых показателей для метода УКИЗВ, могут применяться и при использовании метода CCME WQI. Канадская методика, однако, не имеет ограничений по числу используемых показателей.

Выводы

Проведенное исследование показало допустимость использования удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ) при отсутствии данных измерений по всем параметрам химического состава воды, включенным в обязательный перечень, за исключением критических показателей загрязненности воды для конкретного расчетного створа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00155).

Список литературы

Алексеевский Н.И., Заславская М.Б., Гончаров А.В. Методические подходы к изучению и параметризации качества воды // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. № 2, 2016: 13-21.

Ерина О. Н., Ефимова Л. Е., Заславская М. Б. Параметризация качества воды водных объектов водораздельного бьефа канала имени Москвы различными методами // *Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Труды Международной научно-практической конференции*. Т. 2, 2017: 67-71.

Заславская М.Б., Лапина Е.С. Техногенная трансформация химического состава водных объектов Норильского гидрологического района // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. № 3, 2008: 13-18.

Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. РД 52.24.643-2002. 2002. 24 с.

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*. №46, 11, 2012: 3544-3552.

Rosemond S.D., Duro D.C., Dubé, M. Comparative analysis of regional water quality in Canada using the Water Quality Index // *Environmental Monitoring and Assessment*. №156, 1-4, 2009: 223-240.

Sensitivity analysis of water quality indices to the number of parameters

Erina O., Efimova L.E., Zaslavskaya M.B.

Lomonosov Moscow State University, Moscow

tamiblack@yandex.ru

Abstract: The paper presents the results of sensitivity analysis of water quality indices to the number of components. We evaluated the monitoring data of water quality for Norilsk hydrological region characterized by high levels of water pollution. Assessments were made for the specific combinatorial water pollution index (SCWPI), used in Russia, and Canadian water quality index (CWQI). For both indices, we used the same set of components as required for SCWPI method. We were gradually reducing the number of parameters by excluding them from 1 up to 10. Estimates were made for all combinations of the excluded parameters.

The results showed that both indices are most sensitive to the extraction of the specific water pollutants – components indicating the maximum exceedance of water quality standards on a regular basis. At the same time, indices values were quite stable after removing of up to 5-7 other parameters from the dataset, which made possible to classify 80% of the total number of water bodies by the same class of water quality as if based on the full dataset.

Sensitivity analysis of two methods revealed that the differences between SCWPI and CWQI were less than 10% after removing the same number of parameters.

The study's findings indicate the possibility to exclude components from the list required by SCWPI method. This can be used to optimize the regional water quality monitoring system by providing proper results for water quality assessments.

Keywords: Water quality, parametrization, ecological statement, sensitivity analysis, water pollution

The presented research was financially supported by the Russian Science Foundation (grant no. 14-17-00155).