

ЭКОЛОГИЯ

УДК 504.453(282.247)

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ БОЛЬШОЙ ЧЕРЕМШАН

С.В. Ермолаева, О.В. Фролова, Е.В. Костюкова, А.П. Старченко

Ульяновский государственный университет

В рамках экспедиции, организованной Ульяновским отделением Русского географического общества с 25 мая по 1 июня 2013 г., студенты экологического факультета УлГУ провели исследования гидрохимического состава воды в р. Большой Черемшан с целью оценить степень загрязненности данного водоема. Определение показателей качества воды проводили при помощи полевых комплектных лабораторий «НКВ». По полученным в результате гидрохимического анализа данным был произведен расчет индекса загрязненности воды. В результате эколого-гидрохимической оценки установлено, что степень загрязненности воды р. Большой Черемшан характеризовалась как экстремально высокая, что обусловлено нарушением существующих нормативов по трем ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом два показателя химического состава воды: соединения железа и меди.

Ключевые слова: комбинированный индекс загрязненности воды, химический состав воды, оценка уровня загрязненности, предельно допустимая концентрация.

Введение. Актуальность изучения малых рек с целью последующего применения полученных результатов исследования на практике очевидна, а вопросы использования малых рек представляют особый интерес. Они являются начальными звеньями гидрографической сети, формирующими более крупные реки, а потому остро реагируют на прямые (водозабор, сброс) и косвенные (динамические процессы на водосборной площади) антропогенные воздействия. Вода малых рек интенсивно используется не только для бытовых нужд, но и для жилищно-коммунального, сельскохозяйственного, промышленного обеспечения.

Все малые реки попали под «антропогенный пресс», и сегодня почти не осталось рек, сохранившихся в первозданном виде [3].

Главная особенность формирования стока малых рек – их очень тесная связь с ландшафтом бассейна. Малые реки выполняют функции регулятора водного режима ландшафтов, поддерживают равновесие и перераспределение влаги. Они определяют также гидрологическую и гидрохимическую специфику средних и крупных рек.

Река Большой Черемшан – одна из малых рек, протекающих на территории Ульяновской области. Она берет начало на западном склоне Бугульмино-Белебеевской возвышенности из родников и впадает в Куйбышевское водохранилище. Водосбор реки представляет собой волнистую равнину, умеренно расчлененную долинами, балками и оврагами. Долина реки хорошо разработана, строение асимметричное. Русло реки слабоизвилистое, в период половодья деформируется. Вне зоны подпора представляет собой чередование широких и глубоких (до 3 м) перекатов, заросших макрофитами, мелких с каменистым, глинистым или песчаным дном и омутов, имеющих круговое течение с глубиной до 5 м. Основная часть русла сложена песками и глиной. Средняя глубина на плесах – 2–4 м,

на перекатах – 0,5–0,7 м. Дно песчано-илистое, местами песчаное с галькой [4].

Большой Черемшан – это река с чрезвычайно богатым биоразнообразием. Из отдельных экологических группировок значительно представлены планктон, бентос и нектон. Вследствие поступательного и турбулентного характера движения воды планктон в реке распределяется довольно равномерно как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. В конце мая – начале июня как результат избыточного поступления биогенных веществ наблюдается антропогенное эвтрофирование и загрязнение, что вызывает ускорение жизненных процессов водных организмов. Происходит массовое развитие планктонных водорослей («цветение» воды), толщина слоя которых достигает 1,5–3,0 м. Данный фактор можно рассматривать как источник загрязнения воды в водоеме.

Цель исследования. Изучить гидрохимический состав воды в р. Большой Черемшан и оценить степень загрязненности водоема с применением обобщенных показателей: комбинаторного индекса загрязненности (КИЗВ), удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗВ) и критического показателя загрязненности (КПЗ).

Материалы и методы. В рамках экспедиции, организованной Ульяновским отделением Русского географического общества с 25 мая по 1 июня 2013 г., группа студентов экологического факультета Ульяновского государственного университета провела исследование гидрохимического состава воды в р. Большой Черемшан с целью оценить степень загрязненности данного водоема. Наблюдения за качеством воды в реке проводили в пяти пунктах: в районе р.п. Максимкино, в трех пунктах на территории Бесовского лесничества: в р. Большой Черемшан, на слиянии рек Большой и Малый Черемшан, в р. Малый Черемшан и на территории городского пляжа г. Димитровграда.

Определение показателей качества воды проводили при помощи полевых комплек-

ных лабораторий НКВ, предназначенных для работы в полевых и лабораторных условиях. Лаборатории позволяют выполнять контроль качества природных вод хозяйственно-питьевого назначения, общая минерализация которых не превышает 3 г/л, методами анализа в соответствии с действующими ПНД Ф 14.1..., с ГОСТ 24902, ГОСТ 18309, РД 52.24.419-95, а также приборными методами. Лаборатории позволяют выполнять анализ загрязненных природных вод, а также сточных вод и почвенных вытяжек.

Данное оборудование не подлежит обязательной сертификации в системе ГОСТ Р (патент РФ № 96342).

Точность анализа, выполняемого с применением титриметрических методик из состава «НКВ», сопоставима с точностью лабораторной методики выполнения измерений (относительная погрешность до ± 20 –25 %). Точность анализа, выполняемого с применением колориметрических методик, зависит от способа регистрации интенсивности окраски пробы:

- при использовании цветной контрольной шкалы (т.е. при визуально-колориметрическом определении) – анализ полуколичественный (относительная погрешность ± 50 –70 % и более);
- при фотоколориметрировании пробы с применением фотоколориметра типа «Экотест-2020» или аналогичного – анализ количественный (относительная погрешность до ± 25 –30 %).

Результаты и обсуждение. По полученным в результате гидрохимического анализа данным был произведен расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ). ИЗВ относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов [3]. Этот индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения предельно допустимой концентрации по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты исследования химического состава воды р. Большой Черемшан
за период с 25.05.2013 по 01.06.2013**

Показатели	ПДК	Исток р. Большой Черемшан у с. Максим- кино, 25.05.2013 (точка № 1)	Р. Большой Черемшан (Бесовское лесничест- во), 29.05.2013 (точка № 2)	Слияние рек Большой и Малый Черемшан (Бесовское лесничество), 29.05.2013 (точка № 3)	Р. Малый Черемшан (Бесовское лесничест- во), 29.05.2013 (точка № 4)	Черемшан (г. Димит- ровград), 01.06.2013 (точка № 5)
БПК ₅ , мг/мл	4,0	1,81±14 %	2,28±14 %	1,76±14 %	1,96±14 %	2,25±14 %
ХПК, мг/мл	30	5,0 ±30 %	4,96±30 %	5,16±30 %	5,0±30 %	5,21±30 %
Растворенный кислород, мг/дм ³	Не менее 5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0
Цвет	-	Слабо- желтоватый	Слабо- желтоватый	Слабо- желтоватый	Слабо- желтоватый	Слабо- желтоватый
Запах	2–3 балла	Заметный, 3 балла	Заметный, 3 балла	Слабый, 2 балла	Слабый, 2 балла	Заметный, 3 балла
Хлориды, мг/дм ³	300	142	147	124,5	171	284
рН	6,5–8,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Сульфаты, мг/дм ³	500	364,8	161,28	153,84	115,2	243,84
Ортофосфаты, мг/дм ³	3,5	2,5	1,8	1,5	1,5	3,2
Fe общ., мг/дм ³	0,3	1,2	2,1	2,1	2,1	2,8
Азот нитритный, мг/дм ³	2,6	2,5	2,2	2,2	2,2	2,8
Азот аммонийный, мг/дм ³	2,0	1,5	1,3	1,3	1,3	1,8
Медь, мг/дм ³	1,0	2,0	5,22	5,22	5,22	5,35

В результате эколого-гидрохимической оценки установлено, что большинство показателей (содержание хлоридов, сульфатов, ортофосфатов, азота нитритного, азота аммонийного) соответствуют нормам, разработанным СанПИН для природной воды. Установлено превышение содержания в воде иона меди (2 ПДК в точке № 1; 5,22 ПДК в точках № 2–4 и 5,35 ПДК в точке № 5) и железа об-

щего (4 ПДК в точке № 1; 7 ПДК в точках № 2–4 и 9,3 ПДК в точке № 5). Также установлено несоответствие нормам содержания в воде растворенного кислорода (0,8 ПДК в точках № 1–4).

Для комплексной оценки по результатам анализа рассчитан комбинаторный индекс загрязненности реки на период исследования (табл. 2).

Таблица 2

**Расчет комбинаторного индекса загрязненности реки Большой Черемшан
на период 25.05.2013 по 01.06. 2013**

Ингредиенты и показатели загрязненности	Число определений, n_i	Число определенных, превышающих ПДК, n_i'	Повторяемость случаев превышения ПДК, $\alpha_i = n_i' / n_i, \%$	Частный оценочный балл, S_{α}	Среднее значение кратности превышения, $\Sigma \beta_i$		Частный оценочный балл, S_{β}	Обобщенный оценочный балл, $S_i = S_{\alpha} \cdot S_{\beta}$
O ₂	5	4	80	4	4	1	1	4
БПК ₅	5	-	-	-	-	-	-	-
ХПК	5	-	-	-	-	-	-	-
Хлориды	5	-	-	-	-	-	-	-
Сульфаты	5	-	-	-	-	-	-	-
Ортофосфаты	5	-	-	-	-	-	-	-
Железо общее	5	5	100	4	27,67	5,53	2,317	9,27
Азот нитритный	5	-	-	-	-	-	-	-
Азот аммонийный	5	-	-	-	-	-	-	-
Медь	5	5	100	4	21,01	4,22	2,28	9,12

Комбинаторный индекс загрязненности (КИЗВ) воды в р. Большой Черемшан за исследуемый период был определен как сумма обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту, для которого определено превышение ПДК:

$$S_A = \Sigma S_i = 4 + 9,27 + 9,12 = 22,39.$$

Удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗВ) определяли как

$$mS'_A = 22,39 : 3 = 7,46.$$

По значению обобщенных оценочных баллов и условию $S_i \geq 9$ определено число **критических показателей загрязненности (КПЗ)** F : железо общее (9,27) и медь (9,12), $F=2$.

На основании значения F вычислен **коэффициент запаса k** (рассчитывается при $F \leq 5$):

$$k = 1 - 0,1 \cdot F = 1 - 0,1 \cdot 2 = 0,8.$$

По значению УКЗВ (7,46) и числу КПЗ (2) определен класс загрязненности воды как 4 «в» – «очень грязная» (табл. 3).

Таблица 3

Классификация водных объектов по пов торяемости случаев загрязненности

Характеристика загрязненности воды	Частный оценочный балл по повторяемости, S_a	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1 % повторяемости
Единичная	[1;2)	0,11
Неустойчивая	[2;3)	0,05
Устойчивая	[3;4)	0,05
Характерная	4	-

Для всех загрязняющих ингредиентов в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_a=4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется как «характерная» (табл. 3). Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По содержанию растворенного кислорода наблюдался низкий уровень загрязненности воды. Значение частного оценочного балла для этого ингредиента равно 1. По соединениям железа и меди имел место средний уровень загрязненности. Частные оценочные

баллы для них составляли соответственно 2,317 и 2,28.

Степень загрязненности воды р. Большой Черемшан на период проведения исследования характеризовалась как экстремально высокая (табл. 4), что обусловлено нарушением существующих нормативов по трем ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом два показателя химического состава воды: соединения железа и меди.

Вода р. Большой Черемшан по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды относится к 3 классу, разряд «б», и характеризуется как очень загрязненная (табл. 5).

Таблица 4

Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК

Характеристика уровня загрязненности воды	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК, S_{pi}	Доля оценочного балла, приходящаяся на единицу кратности превышения ПДК
Низкий	[1;2)	1,00
Средний	[2;3)	0,125
Высокий	[3;4)	0,025
Экстремально высокий	4	0,025

Таблица 5

Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды

Класс	Характеристика состояния загрязненности воды	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 (k=0,9)	2 (k=0,8)	3 (k=0,7)	4 (k=0,6)	5 (J=0,5)
1-й	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2-й	Слабозагрязненная	(1; 2]	(0,9; 1,8]	(0,8; 1,6]	(0,7;1,4]	(0,6; 1,2]	(0,5; 1,0]
3-й	Загрязненная	(2; 4]	(1,8; 3,6]	(1,6; 3,2]	(1,4;2,8]	(1,2; 2,4]	(1,0; 2,0]
разряд «а»	Загрязненная	(2; 3]	(1,8;2,7]	(1,6;2,4]	(1,4;2,1]	(1,2; 1,8]	(1,0; 1,5]
разряд «б»	Очень загрязненная	(3;4]	(2,7; 3,6]	(2,4; 3,2]	(2,1;2,8]	(1,8; 2,4]	(1,5; 2,0]
4-й	Грязная	(4; 11]	(3,6; 9,9]	(3,2; 8,8]	(2,8;7,7]	(2,4; 6,6]	(2,0; 5,5]
разряд «а»	Грязная	(4; 6]	(3,6; 5,4]	(3,2; 4,8]	(2,8;4,2]	(2,4; 3,6]	(2,0; 3,0]
разряд «б»	Грязная	(6; 8]	(5,4; 7,2]	(4,8; 6,4]	(4,2;5,6]	(3,6; 4,8]	(3,0; 4,0]
разряд «в»	Очень грязная	(8; 10]	(7,2; 9,0]	(6,4; 8,0]	(5,6;7,0]	(4,8; 6,0]	(4,0; 5,0]
разряд «г»	Очень грязная	(8; 11]	(9,0; 9,9]	(8,0; 8,8]	(7,0;7,7]	(6,0; 6,6]	(5,0; 5,5]
5-й	Экстремально грязная	(11; ∞]	(9,9;∞]	(8,8;∞]	(7,7;∞]	(6,6; ∞]	(5,5;∞]

Выводы:

1. Превышение ПДК в воде р. Большой Черемшан наблюдалось по 3 ингредиентам химического состава воды из 10 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды по отдельным результатам анализа колебалось от 80 до 100 %, в среднем составляя 90 %, что свидетельствовало о высокой комплексности загрязнения воды реки на период наблюдения.

2. Для всех загрязняющих ингредиентов (табл. 2) в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_a=4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется как «характерная». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По содержанию растворенного кислорода наблюдался низкий уровень загрязненности воды. Значение частного оценочного балла для этого ингредиента равно 1. По соединениям железа и меди имел место средний уровень загрязненности. Частные оценочные баллы для них составляли соответственно 2,317 и 2,28.

3. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят соеди-

нения железа и меди. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 9,27 и 9,12 соответственно, что относит их к критическим показателям загрязненности воды этого водного объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохраных мероприятий.

Заключение. Степень загрязненности воды р. Большой Черемшан на период проведения исследования характеризовалась как экстремально высокая (табл. 4), что обусловлено нарушением существующих нормативов по трем ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом два показателя химического состава воды: соединения железа и меди. По каждому из них наблюдалась характерная загрязненность высокого уровня.

1. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т. В. Гусевой. – М. : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2007. – 192 с.

2. Румянцев В. А. Система ранней диагностики кризисных экологических ситуаций на водоемах / В. А. Румянцев, Н. В. Игнатьева. – СПб. : ВВМ, 2006. – 152 с.

3. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология: методы, принципы, решения / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – М. : Наука, 2005.

USING GENERALIZED INDICATORS TO EVALUATE THE WATER POLLUTION LEVEL IN THE BOLSHOY CHEREMSHAN RIVER

S.V. Ermolaeva, O.V. Frolova, E.V. Kostyukova, A.P. Starchenko

Ulyanovsk State University

During the expedition organized by the Ulyanovsk branch of the Russian Geographic Society, which took place from May 25 till June 1, 2013, students of the faculty of ecology of Ulyanovsk State University conducted a hydrochemical study of the water in the Bolshoy Cheremshan river to determine its level of pollution. The water quality indicators were assessed using "NKV" portable field laboratories. The data obtained during the hydrochemical analysis was used to calculate the water pollution index (WPI). The ecological and hydrochemical study showed the pollution level in the Bolshoy Cheremshan river to be extremely high as a result of violation of the existing norms in relation to 3 ingredients, of which two indicators of the chemical composition of water with a particularly harmful effect were iron and copper compounds.

Keywords: composite water quality index, chemical composition of water, evaluation of pollution level, maximum permissible concentration.