

Оценка загрязнения поверхностных вод в районе действующего объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» по комплексным гидрохимическим показателям

© 2013. Ю. Н. Некрасова¹, аспирант, Е. В. Дабах^{1,2,3}, к.б.н., доцент, с.н.с.,

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
e-mail: daphy@mail.ru

В статье представлены результаты определения качества воды, пробы которой отобраны из водных объектов в районе объекта уничтожения химического оружия в Кировской области. Отмечены противоречия в оценке уровня загрязнённости некоторых водотоков, обусловленные высоким природным содержанием железа. Для объективной оценки качества воды предпочтительнее использовать комбинаторный индекс загрязнённости воды и удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды.

The article presents the assessment results of water quality of the samples selected from water bodies in the area of chemical weapons decommission facility in the Kirov region. Some assessment contradiction was marked in contamination level of some watercourses due to high natural iron content. For objective evaluation of water quality it is preferable to use a combinatorial index of water pollution and the specific combinatorial index of water pollution.

Ключевые слова: поверхностные воды, химическое загрязнение, оценка качества воды, объект хранения и уничтожения химического оружия

Keywords: surface water, chemical pollution, water quality, chemical weapons decommission facility

Для определения качества воды водных объектов и степени их загрязнённости используют дифференциальный и комплексный способы оценки.

Особенностью метода комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям является проведение детального покомпонентного анализа химического состава воды, установление уровня загрязнённости (в сравнении с допустимыми концентрациями), а также частоты превышения нормативов. Принимая условие аддитивности действия токсических веществ при их одновременном присутствии, окончательный комплексный показатель качества воды определяется суммированием отдельных показателей, оценивающих вклад каждого загрязняющего вещества в отдельности [1].

В настоящее время наиболее распространённым критерием оценки качества воды является предельно допустимая концентрация (ПДК) содержащихся в ней веществ. Однако объективность информации зависит не только от уровня превышения ПДК, но и от частоты отбора проб, от количества определяемых

показателей, частоты встречаемости в пробах повышенных концентраций загрязняющих веществ. Получение такой информации особенно необходимо на опасных промышленных предприятиях, таких как объект по уничтожению химического оружия «Марадыковский» (ОУХО) в Кировской области.

С 80-х гг. XX века для оценки степени загрязнённости воды используются комплексные показатели. Индекс загрязнённости воды (ИЗВ), как наиболее распространённый, официально регламентирован для использования в качестве комплексного показателя качества воды с 1986 г., удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды (УКИЗВ), как наиболее информативный, введён в действие с 2002 г. (РД 52.24.643-2002) для обобщения информации о химическом составе вод [2]. В настоящее время УКИЗВ является приоритетным при оценке качества поверхностных вод.

Цель работы – сравнить информативность комплексных показателей, наиболее часто применяемых для оценки качества поверхностных вод на примере водных объектов, расположенных в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) ОУХО.

Задачи:

- дать оценку изменения качества воды водных объектов в ЗЗМ ОУХО с помощью ИЗВ;
- изучить степень загрязнённости воды в р. Погиблице с помощью комплексных показателей (ИЗВ, КИЗВ, УКИЗВ);
- выявить наиболее информативные комплексные показатели для оценки качества воды.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись водоёмы и водотоки, расположенные в ЗЗМ действующего ОУХО. Особое внимание уделялось определению качества воды в р. Погиблице, которая используется для водоснабжения и водоотведения ОУХО и п. Мирный.

Для расчёта комплексных показателей использовались данные количественного химического анализа за 2007–2012 гг., полученные при участии авторов в аккредитованной лаборатории Регионального центра государственного контроля и мониторинга по Кировской области.

Результаты и их обсуждение

В 1999–2001 гг. до пуска ОУХО на исследуемой территории детально изучались гидро-

логические и гидрохимические показатели водных объектов [3]. С начала функционирования ОУХО в 2006 г. обследование водных объектов на территории ЗЗМ было продолжено в рамках экологического мониторинга. Оно включает отбор проб воды, их анализ и сравнение полученных результатов с фоновыми и допустимыми концентрациями. Однако анализ состояния водных объектов по комплексным показателям не проводился.

Для оценки качества воды были использованы комплексные показатели, которые представлены в таблице 1.

С 2007 г. определялся класс загрязнения, рассчитанный на основе индекса загрязнённости воды (ИЗВ) (табл. 2).

Согласно таблице 2, природные поверхностные воды в районе расположения объекта «Марадыковский» в соответствии с величиной ИЗВ были отнесены в основном к III–V классам загрязнения, что характеризует воду как «умеренно загрязнённую» и «грязную». Встречались также воды VI и VII классов – «очень грязные» и «чрезвычайно грязные» соответственно. По сравнению с результатами, полученными до пуска объекта в 2001 г., качество воды существенно не изменилось. В некоторых водотоках, например, в р. Погиблице оно даже улучшилось.

Река Погиблице – приток р. Вятки – второй по значению водоток на данной террито-

Таблица 1

Комплексные показатели, используемые для оценки качества воды

Комплексный показатель		Сущность показателя
ИЗВ	Индекс загрязнения воды	ИЗВ рассчитывают по шести показателям, имеющим наибольшие значения превышения ПДК. В зависимости от величины ИЗВ водные объекты подразделяют на 7 классов. Чем больше номер класса, тем хуже качество воды.
К	Коэффициент комплексности загрязнённости	Предварительная оценка степени загрязнённости воды водных объектов. Отражает количество показателей с превышением ПДК. Чем больше значение К, тем большая комплексность загрязнённости, тем хуже качество воды. Увеличение коэффициента комплексности загрязнённости свидетельствует о появлении новых загрязняющих веществ в воде анализируемого водного объекта.
КИЗВ	Комбинаторный индекс загрязнённости воды	С помощью КИЗВ и УКИЗВ оценивается степень загрязнённости воды по комплексу загрязняющих веществ, устанавливается класс качества воды. Они учитывают количество определяемых показателей, уровень превышения ПДК, частоту встречаемости в пробах повышенных концентраций загрязняющих веществ. Классификация качества воды, проведённая на основе значений УКИЗВ и КИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязнённости. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах, пунктах и т. д.
УКИЗВ	Удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды	

Таблица 2

Классы качества воды водных объектов в ЗЗМ ОУХО, рассчитанные на основе ИЗВ

Водный объект		2007–2012 гг.				2001 г. (до пуска ОУХО)			
Р. Вятка (устье р. Погиблицы)		V(4,39)				VI			
Р. Вятка (с. Истобенск)		III(2,37)				V			
Р. Вятка (д. Тиваненки)		V(5,72)							
Р. Вятка (ЗМИ)		V(4,54)							
Р. Бражиха		V(5,67)				IV			
Р. Берёзовка		III(1,88)				III			
Р. Большая Холуница (а/м мост)		III(2,16)							
Р. Большая Холуница (устье)		III(1,48)							
Ручей без названия		VII(13,4)				VII			
Пруд на р. Погиблице		III(2,15)				III			
Р. Истобница		VI(6,14)				–			
Р. Холуница		III(1,90)				–			
Р. Молома		IV(2,65)				–			
Озёра Карповые (пойма р. Вятки)		IV(2,83)				V			
1–2,5	III	2,5–4	IV	4–6	V	6–10	VI	Более 10	VII
Умеренно загрязнённые		Загрязнённые		Грязные		Очень грязные		Чрезвычайно грязные	

Примечание: «–» – ИЗВ не рассчитывался.

Таблица 3

Классы качества воды в р. Погиблице до и после сброса сточных вод, рассчитанные на основе ИЗВ

Р. Погиблица	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
500 м выше сброса	III	III	IV	III	III	IV
500 м ниже сброса	IV	III	III	III	III	III

рии, принимает стоки с очистных сооружений п. Мирный, войсковой части и ОУХО «Мардыковский». В таблице 3 приведены классы качества воды в р. Погиблице в 500 м выше и 500 м ниже сброса сточных вод, рассчитанные на основе ИЗВ.

Вода в реке характеризуется в основном как «умеренно загрязнённая» (III класс). Аналогичная оценка качества воды в р. Погиблице получена с помощью гидробиологических показателей [4].

В некоторые годы значения ИЗВ до сброса сточных вод были выше, чем после сброса (табл. 3, рис. 1). Таким образом, можно сделать вывод о том, что качество воды за счёт поступления сточных вод с очистных сооружений улучшается. Это противоречит реальной ситуации, поскольку на протяжении всех лет наблюдений отмечались превышения нормативов допустимого сброса по ряду показателей: нитрат-ионам, нитрит-ионам, фосфат-ионам, железу общему, биологическому (БПК) и химическому (ХПК) потреблению кислорода.

Значения ИЗВ в воде р. Погиблицы представлены на рисунке 1.

ИЗВ рассчитывается по превышению ПДК лишь 6 основных показателей: концентрация растворённого кислорода и значение БПК₅ учитываются в обязательном порядке, 4 показателя выбираются на основании наибольших приведённых концентраций (в данном случае – железо общее, ХПК, аммоний-ион, нитрит-ион). Высокие значения ИЗВ в р. Погиблице выше сброса сточных вод обусловлены наибольшим вкладом в конечный результат превышений ПДК железа общего. На основании этого же показателя вода в ручье оценивается как «чрезвычайно грязная» (табл. 2). Высокое содержание железа типично для малых рек Кировской области и носит природный характер [5]. Если в расчётах ИЗВ приведённую концентрацию железа общего заменить на приведённую концентрацию нитрат-ионов, содержание которых в сточной воде превышает установленные нормативы, то получим более объективные результаты – значения ИЗВ после сброса выше, чем до сброса (рис. 2).

После реконструкции очистных сооружений в конце 2009 г. различия в качестве воды (по значениям ИЗВ) до и после сброса сточных вод стали менее существенными (рис. 2).

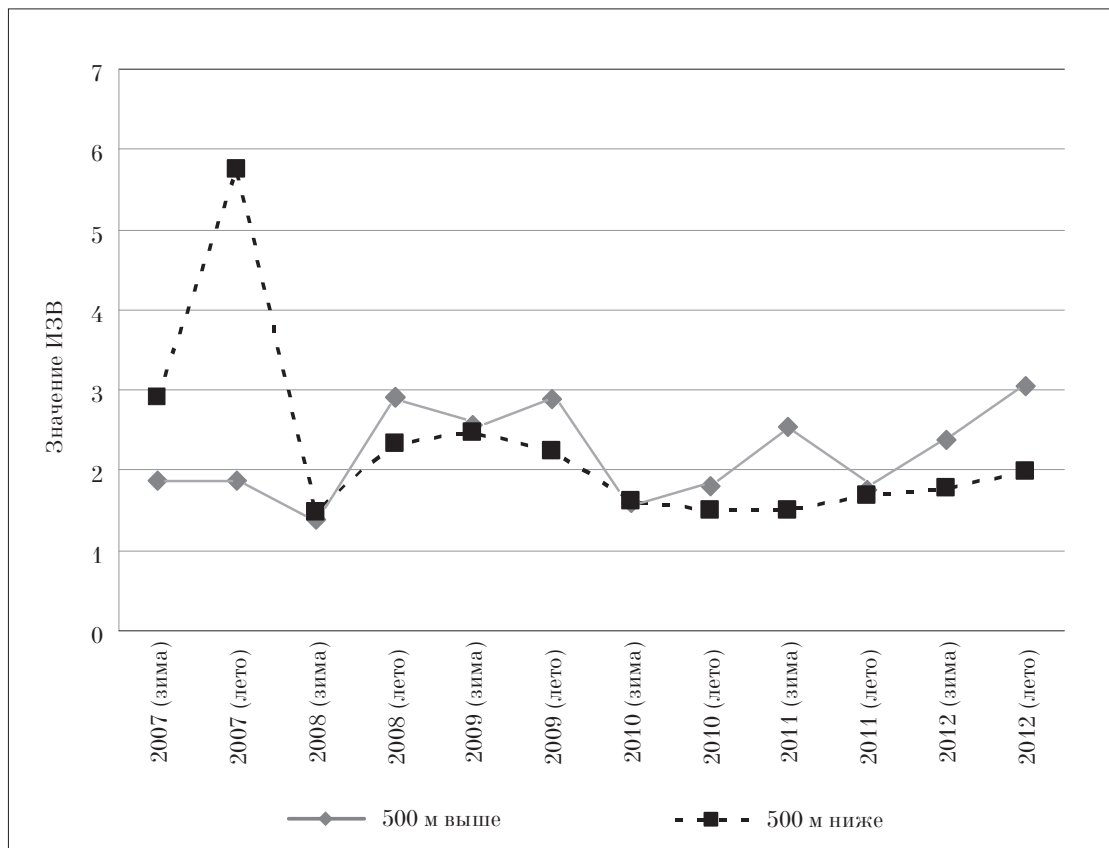


Рис. 1. Изменение значений ИЗВ с 2007-го по 2012 г.

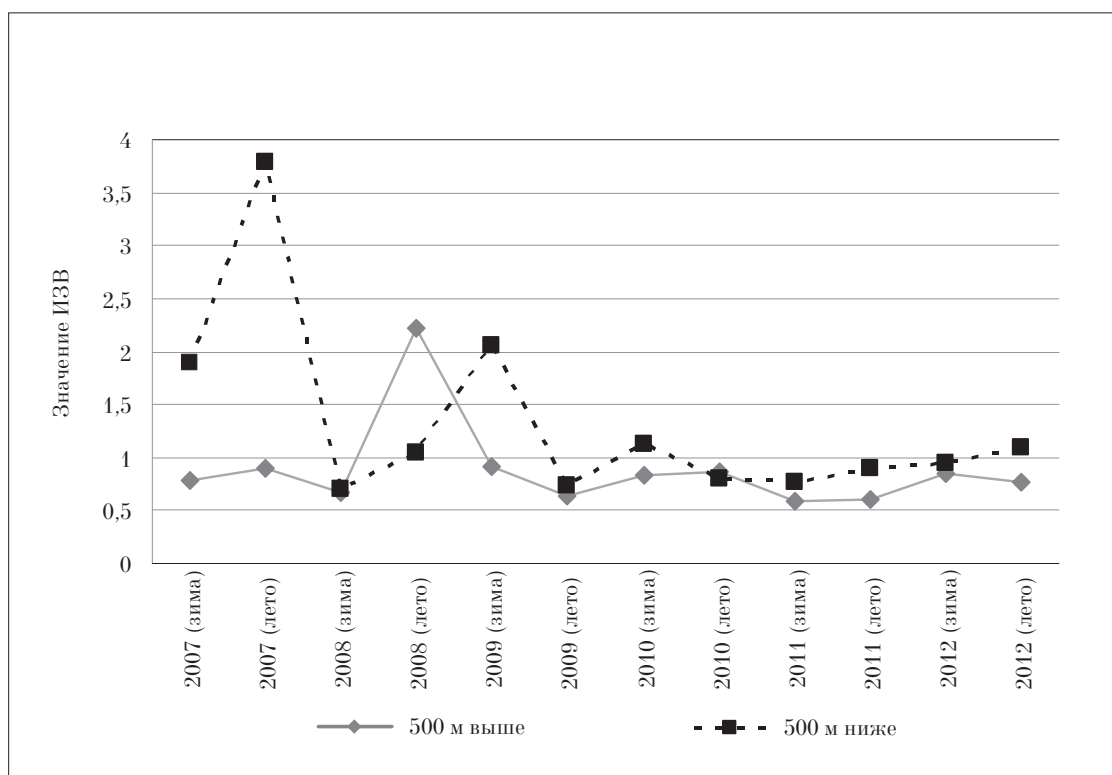


Рис. 2. Изменение значения ИЗВ в течение исследуемого периода (расчёт ИЗВ с нитрат-ионами)

Таким образом, высокое природное содержание какого-либо компонента, учитываемого при расчёте ИЗВ, может привести к искажению результатов.

В связи с этим для объективной оценки влияния сброса сточных вод на качество воды в р. Погиблице были рассчитаны комплексные показатели загрязнённости воды, такие как коэффициент комплексности загрязнённости (K), комбинаторный индекс загрязнения (КИЗВ) и удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) (табл. 1).

Значения коэффициента комплексности загрязнения K показаны на рисунке 3. В таблице 4 приведены категории воды в р. Погиблице (в 500 м выше и 500 м ниже сброса сточных вод) по значениям комплексности загрязнённости воды (K , %).

В течение всего периода наблюдений вода в р. Погиблице как выше, так и ниже сброса сточных вод характеризовалась средней комплексностью загрязнённости.

Используя одни и те же данные (в том числе и железо общее) для расчёта коэффициента K и ИЗВ, но учитывая общее число контролируемых показателей, получили противоположные результаты – качество воды в р. Погиблице после сброса в неё сточных вод становится хуже.

Число контролируемых показателей, превышающих ПДК, в течение всего периода наблюдений оставалось постоянным.

При значении коэффициента $K \geq 10\%$ (в нашем случае 5,6–39%) для оценки качества воды необходимо использовать метод комплексной оценки качества воды по значениям комбинаторного и удельного комбинаторного индексов загрязнённости воды [1].

С помощью комбинаторного индекса загрязнённости воды оценивается степень её загрязнённости по комплексу загрязняющих веществ, устанавливается класс качества воды (табл. 1 и 5).

В таблице 6 приведены показатели, по которым был произведён расчёт комбинаторного и удельного комбинаторного индексов загрязнённости воды (с учётом повторяемости и кратности превышения ПДК), а также значения полученных индексов.

Превышения ПДК в воде р. Погиблицы выше сброса сточных вод за исследуемый период наблюдались по 8 показателям, ниже сброса по 9 показателям из 16 определяемых (кроме показателей, указанных в таблице 6, также определялись: нитрат-ионы, хлорид-ионы, сульфат-ионы, анионные поверхностно-активные вещества, цинк, никель).

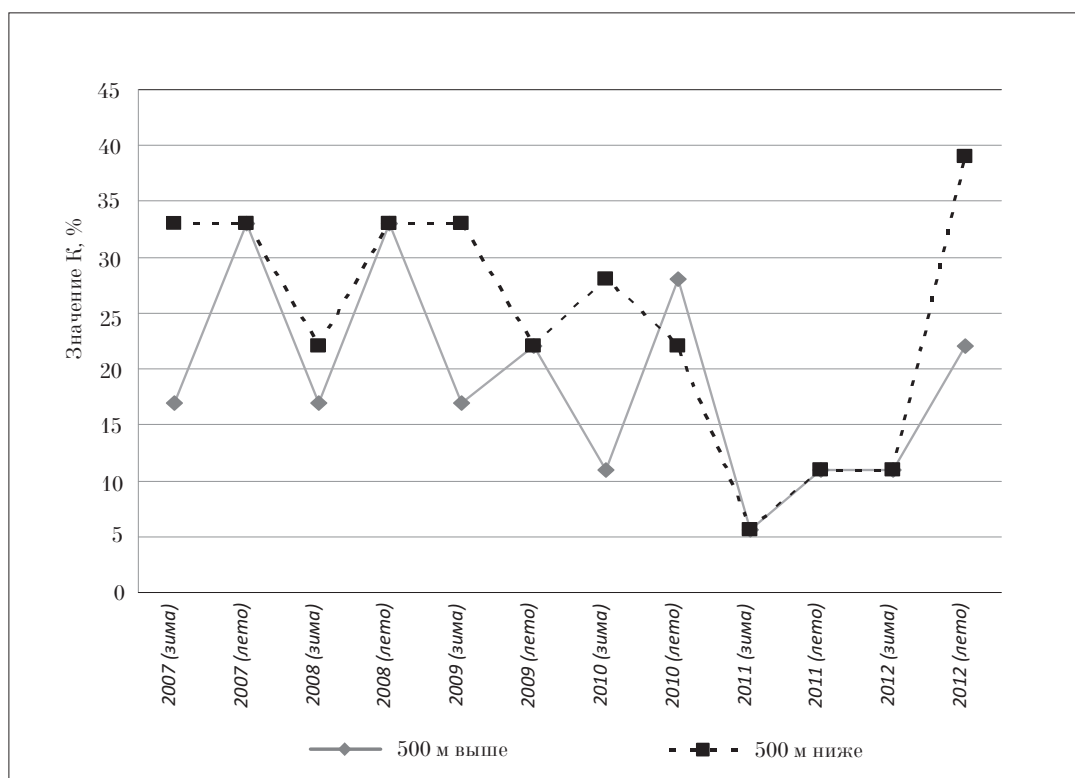


Рис. 3. Изменение значения коэффициента K в течение исследуемого периода

Для воды р. Погиблицы выше сброса сточных вод, согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязнённости, загрязнённость воды по нефтепродуктам определяется как «единичная»; по таким показателям, как нитрит-ионы, аммоний-ионы, ХПК, марганец, определяется как «неустойчивая»; по железу общему, БПК₅, меди – «характерная». Уровень загрязнённости воды различный: по биохимическому и химическому потреблению кислорода, аммоний-ионам, нефтепродуктам, марганцу – «низкий»; по нитрит-ионам, железу общему, меди – «средний»; по железу общему отмечена «характерная» загрязнённость «высокого» уровня.

В целом, вода в р. Погиблице в 500 м выше сброса сточных вод за период с 2007-го по 2012 г. характеризовалась как «очень загрязнённая» (3 класс, разряд «б»).

Для воды р. Погиблицы ниже сброса сточных вод, согласно классификации по повторяемости случаев загрязнённости, загрязнё-

нность воды по нефтепродуктам, фосфат-ионам определяется как «неустойчивая»; по таким показателям, как аммоний-ионы, ХПК, марганец – «устойчивая»; по железу общему, БПК₅, меди, нитрит-ионам – «характерная». Уровень загрязнённости воды этими компонентами различный: по химическому потреблению кислорода, фосфат-ионам, марганцу – «низкий»; по нитрит-ионам, аммоний-ионам, железу общему, нефтепродуктам, биологическому потреблению кислорода, меди – «средний». Наибольший вклад в загрязнённость воды вносят железо общее и аммоний-ионы.

Степень загрязнённости воды реки Погиблицы в 500 м ниже сброса сточных вод за 2007–2012 гг. характеризовалась как «грязная» (4 класс, разряд «а»).

Заключение

На основании расчёта ИЗВ качество поверхностной воды в районе расположения

Таблица 4

Категории воды в р. Погиблице по значениям комплексности загрязнённости воды

Р. Погиблица	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
500 м выше сброса	II	II	II	II	I	II
500 м ниже сброса	II	II	II	II	I	II
0–10	10–40		40–100			
I	II		III			
по единичным показателям	по нескольким показателям		по комплексу показателей			

Таблица 5

Шкалы для оценки качества воды

Характеристика загрязнённости воды по повторяемости случаев загрязнения (оценочный балл)							
единичная	неустойчивая	устойчивая	характерная				
1–2	2–3	3–4	4				
Характеристика загрязнённости воды по кратности превышения ПДК (оценочный балл)							
низкий	средний	высокий	экстремально высокий				
1–2	2–3	3–4	4				
Характеристика состояния загрязнённости воды по значению комбинаторного индекса загрязнённости воды							
1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	5-й класс			
«условно чистая»	«слабо загрязнённая»	«загрязнённая»	«грязная»	«экстремально грязная»			
Характеристика состояния загрязнённости воды по значению удельного комбинаторного индекса загрязнённости воды							
1-й класс	2-й класс	3-й класс		4-й класс			5-й класс
		разряд «а»	разряд «б»	разряд «а»	разряд «б»	разряд «в»	
«условно чистая»	«слабо загрязнённая»	«загрязнённая»	«очень загрязнённая»	«грязная»		«очень грязная»	«экстремально грязная»

Таблица 6

Комплексная оценка степени загрязнённости воды в р. Погиблице до и после сброса сточных вод

Определяемые показатели, превышающие значения ПДК	Выше места сброса сточных вод			Ниже места сброса сточных вод		
	Частный оценочный балл по повторяемости, S_{α}	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК, S_{β}	Общий оценочный балл, S_i	Частный оценочный балл по повторяемости, S_{α}	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК, S_{β}	Общий оценочный балл, S_i
Нитрит-ионы	2,45	2,01	4,92	4,0	2,15	8,60
Аммоний-ионы	2,93	1,58	4,63	3,75	2,48	9,30
Железо общее	4,0	2,69	10,76	4,0	2,53	10,12
Фосфаты-ионы	–	–	–	2,25	1,91	4,30
ХПК	2,93	1,09	3,19	3,75	1,17	4,39
БПК ₅	4,0	1,34	5,36	4,0	2,00	8,0
Нефтепродукты	1,95	1,65	3,22	2,25	2,02	4,55
Медь	4,0	2,09	8,36	4,0	2,14	8,56
Марганец	2,69	1,5	4,03	3,5	1,55	5,43
Комбинаторный индекс загрязнённости воды, S	44,47 (3-й класс, «загрязнённая»)			63,25 (4-й класс, «грязная»)		
Удельный комбинаторный индекс загрязнённости, S'	2,78 (3-й класс, разряд «б» «очень загрязнённая»)			3,95 (4-й класс, разряд «а» «грязная»)		

ОУХО варьирует от «умеренно загрязнённой» до «чрезвычайно грязной». Наивысшие значения ИЗВ обусловлены вкладом в конечный результат приведённых концентраций железа общего, что связано с его высоким природным содержанием. Следовательно, при высоком природном содержании каких-либо элементов в воде (для Кировской области – железо, марганец) ИЗВ не даёт объективной информации о её качестве. Учитывая значения ИЗВ, качество поверхностных вод в районе расположения ОУХО по сравнению с результатами, полученными до пуска объекта, не изменилось. Рост значений КИЗВ и УКИЗВ в контрольной точке на р. Погиблице по сравнению с фоновой указывает, что сточные воды с очистных сооружений п. Мирный, войсковой части и ОУХО снижают качество воды в реке.

Таким образом, для объективной оценки качества воды, а также степени антропогенного воздействия на неё при высоком природном содержании ряда учитываемых при расчётах показателей предпочтительнее использовать КИЗВ и УКИЗВ.

Литература

1. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки

степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

2. Шелутко В.А., Колесникова Е.В., Смыжова Е.С. Вопросы оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим данным // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон: Материалы V Междунар. конф. СПб: ЗАО «Крисмас+», 2009. С. 97–99.

3. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

4. Домнина Е.А., Менялин С.А., Огородникова С.Ю., Ашихмина Т.Я. Биологический мониторинг на территории СЗЗ и ЗЗМ объекта уничтожения химического оружия // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции-выставки экологических проектов с международным участием. Киров: Из-во ООО «Веси». 2013. С. 243–245.

5. Региональный доклад «О состоянии окружающей среды Кировской области в 2011 году» / Под ред. А.В. Албеговой. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. 185 с.

6. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждён приказом № 20 Росрыболовства от 18.01.2010 г.