

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ РЕКИ ИНИ И БЕЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2013 г. В. В. Горгуленко*, Г. И. Тушкова**

*Судебноэкспертное учреждение СФО НАП
656037 Барнаул, просп. Ленина, 154/1
E-mail: lada@iwep.asu.ru

**Институт водных и экологических проблем СО РАН
656038 Барнаул, ул. Молодежная, 1
Поступила в редакцию 29.06.2011 г.

Статья написана в память о Галине Иосифовне Тушковой

Представлены результаты токсикологического анализа воды р. Ини и Беловского водохранилища (водоема-охладителя Беловской ГРЭС), полученные в 2001, 2002 и 2008 гг. методами биотестирования. Использованы тест-объекты фотобактерий (*Photobacterium phosphoreum*), двух видов протокковых водорослей (*Chlorella vulgaris* Beijer, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Vreb.) и двух видов низших ракообразных (*Daphnia magna* Straus, *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg). Выявлена пространственно-временная неоднородность токсичности воды Беловского водохранилища и питающей его р. Ини по спектру реакций тест-объектов. Установлены наиболее и наименее загрязненные участки водохранилища и реки, дана оценка качества воды. Вода р. Ини и Беловского водохранилища оказывала более выраженное воздействие на хлореллу и цериодафний по сравнению со сценедесмусом и дафниями, что необходимо учитывать при организации мониторинга исследуемых водных объектов.

Ключевые слова: Беловское водохранилище, река Иня, биотестирование, оценка качества воды

DOI: 10.7868/S0321059613030048

Тепловые электростанции – фактор комплексного антропогенного воздействия на окружающую среду, включающий поступление подогретых сбросных вод в реки, озера и водохранилища. В зонах подогрева наблюдается увеличение количества биогенных и органических веществ, что свидетельствует об эвтрофировании водных объектов.

Термофикация косвенно влияет на повышение минерализации, деятельность бактерий-редуцентов [10]. Существуют и другие факторы негативно-го воздействия на водоемы-охладители – коммунальные, сельскохозяйственные и промышленные сточные воды, загрязненные потенциально токсичными веществами (нефтепродуктами, фенолами, тяжелыми металлами).

Для оценки экологического состояния водоемов-охладителей используют химические и биологические (биоиндикация) методы исследования [1, 8, 10]. Материалы по токсикологической оценке воды этих водных объектов методами биотестирования малочисленны [2, 11, 22]. Сведения об оценке токсичности воды р. Ини и водоема-

охладителя Беловской ГРЭС методами биотестирования в литературе отсутствуют.

Цель исследования – оценка методами биотестирования токсичности вод Беловского водохранилища и р. Ини выше и ниже водохранилища.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Беловское водохранилище создано в 1964 г. регулированием стока р. Ини (правый приток р. Оби) у г. Белово Кемеровской области для обеспечения оборотного водоснабжения Беловской ГРЭС – тепловой электростанции конденсационного типа, работающей на угле. Длина водоема – 10 км, максимальная ширина – 2.3 км, максимальная глубина – 12.0 м, средняя – 4.4 м. При нормальном подпорном уровне площадь акватории – 13.6 км². По величине акватории водохранилище относится к малым, по средней глубине – к мелководным водоемам.

Антропогенное воздействие на водоем оказывают Беловская ГРЭС, садковое рыбное хозяй-



Карта-схема расположения пунктов отбора проб воды на р. Ине и Беловском водохранилище. Иня: 1 – с. Сидорёнково, 7 – с. Коротково. Водоохранилище: 2 – верхний участок (с. Поморцево), 3 – устье сбросного канала, 4 – район садкового рыбного хозяйства, 5 – подводящий канал, 6 – исток сбросного канала.

ство, коммунальные предприятия пос. Инского и сельскохозяйственные предприятия сел Сидорёнково, Поморцево и Менчереп, расположенных на территории, прилегающей к водохранилищу, и водосборного бассейна р. Ини выше водохранилища.

Вода в водохранилище относится к гидрокарбонатному классу кальциево-магниевой группы первого типа. Наибольшую долю в загрязнение воды верхнего участка водохранилища (с. Поморцево) и у плотины вносят легкоокисляемые органические соединения, фенолы, нефтепродукты, соединения Cu и Fe . По содержанию загрязняющих веществ вода на этих участках относится к классу III чистоты вод – “загрязненная” [5, 6]. В органах и тканях белого толстолобика (сердце, жабры, мышцы), выращиваемого в садках рыбного хозяйства Беловского водохранилища, в июле 2002 г. было зафиксировано превышение допустимых остаточных концентраций Fe , Mn и Ni (соответственно в 3–9, 2–8 и 1.1–1.8 раз) [7].

В 2001, 2002 и 2008 гг. пробы воды для токсикологического анализа отбирали в р. Ине выше (с. Сидорёнково) и ниже (с. Коротково) водохранилища, на его верхнем участке (с. Поморцево), в районе рыбного хозяйства, истоке и устье сбросного канала, подводящем канале (рисунок).

В 2001 и 2002 гг. в качестве тест-объектов использовали низших ракообразных *Daphnia magna* Straus и бактерий *Photobacterium phosphoreum*,

штамм 677F. Оценку токсичности воды по выживаемости и плодовитости дафний проводили в соответствии с РД 118-02-90 [14]. Интенсивность свечения фотобактерий измеряли на биолюминиметре БЛМ–8802 по методике, разработанной в СКТБ “Наука” [9]. Токсическое загрязнение воды по реакции фотобактерий оценивали по шкале [23]: в случае ингибирования или стимуляции свечения фотобактерий в диапазоне от 0 до ± 20 воду оценивали как “нетоксичная”, от ± 21 до ± 50 – “малотоксичная”, от ± 51 и выше – “высокотоксичная”.

В 2008 г. токсикологический анализ воды проводили в соответствии с методиками [12, 14, 15, 19–21]. В качестве тест-объектов использовали тест-культуры протококковых водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. и низших ракообразных *D. magna*, *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg. Регистрируемые показатели: коэффициент прироста клеток водорослей сценедесмуса (**К**), оптическая плотность тест-культуры водорослей хлореллы (**ОПВ**), количество молодежи на одну самку низших ракообразных; ингибирующая (средняя) кратность разбавления воды (**ИКР₅₀**), токсическая кратность разбавления воды для роста клеток сценедесмуса (**БКР**), выживаемости (**БКР_v**) и плодовитости (**БКР_п**) низших ракообразных.

Таблица 1. Отклонение интенсивности свечения тест-объекта *Photobacterium phosphoreum* от контроля (числитель), %, и степень токсичности (знаменатель) в опытах с водами р. Ини и Беловского водохранилища (знак плюс – стимуляция свечения фотобактерий, знак минус – ингибирование свечения фотобактерий, ВТ – высокотоксичная, МТ – малотоксичная, НТ – нетоксичная вода, н/д – нет данных)

Пункт отбора пробы	Дата отбора				
	03.04.2001	21.01.2002	12.04.2002	03.07.2002	29.09– 3.10.2002
р. Иня					
Выше водохранилища (с. Сидорёнково)	$\frac{+166}{\text{ВТ}}$	$\frac{+113}{\text{ВТ}}$	$\frac{+153}{\text{ВТ}}$	$\frac{-43}{\text{МТ}}$	$\frac{+160}{\text{ВТ}}$
Нижний бьеф (с. Коротково)	$\frac{+13}{\text{НТ}}$	$\frac{+42}{\text{МТ}}$	$\frac{+70}{\text{ВТ}}$	$\frac{-64}{\text{ВТ}}$	$\frac{+220}{\text{ВТ}}$
Беловское водохранилище					
Верхний участок водохранилища (с. Поморцево)	$\frac{+34}{\text{МТ}}$	$\frac{-5}{\text{НТ}}$	$\frac{+160}{\text{ВТ}}$	$\frac{-25}{\text{МТ}}$	$\frac{+590}{\text{ВТ}}$
Устье сбросного канала ГРЭС	$\frac{-51}{\text{ВТ}}$	$\frac{+163}{\text{ВТ}}$	$\frac{-10}{\text{НТ}}$	$\frac{-70}{\text{ВТ}}$	$\frac{+215}{\text{ВТ}}$
Район рыбного хозяйства	н/д	$\frac{+42}{\text{МТ}}$	н/д	н/д	н/д
Подводящий канал ГРЭС	н/д	$\frac{+71}{\text{ВТ}}$	$\frac{+120}{\text{ВТ}}$	$\frac{-38}{\text{МТ}}$	$\frac{+200}{\text{ВТ}}$
Исток сбросного канала ГРЭС	н/д	н/д	$\frac{+1}{\text{НТ}}$	$\frac{-85}{\text{ВТ}}$	$\frac{+660}{\text{ВТ}}$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Тест-объект – фотобактерии

В 2001 и 2002 гг. вода р. Ини и Беловского водохранилища в 24 опытах из 28 оказывала токсическое действие на интенсивность свечения фотобактерий. При этом в 17 опытах вода стимулировала интенсивность их свечения и в 7 опытах ингибировала таковую (табл. 1). Вероятно, преобладание в большинстве экспериментов стимулирующего действия воды на интенсивность свечения фотобактерий связано с высоким содержанием в водохранилище органических соединений.

В июле 2002 г., в отличие от других периодов исследования, вода во всех опытах оказывала ингибирующее действие на свечение фотобактерий. При этом вода р. Ини выше водохранилища (с. Сидорёнково) оказывала меньшее воздействие на тест-объект, чем вода нижнего бьефа водохранилища (с. Коротково).

В соответствии с существующей классификацией [23] вода р. Ини выше водохранилища по интенсивности свечения фотобактерий соответствовала категории “высокотоксичная”, за исключением воды, отобранной в июле 2002 г., которая соответствовала категории “малотоксичная”. Вода

нижнего бьефа водохранилища в апреле, июле и сентябре 2002 г. была классифицирована как “высокотоксичная”, в апреле 2001 г. – “нетоксичная”, в январе 2002 г. – “малотоксичная”. Вода водохранилища в 11 пробах из 18 соответствовала категории “высокотоксичная”, в 4 пробах – “малотоксичная”, в остальных случаях – “нетоксичная” (табл. 1). Сравнение уровней токсичности Беловского водохранилища и водоема-охладителя Балаковской АЭС [22] по люминесценции фотобактерий показывает преобладание для этих двух водоемов-охладителей категории “высокотоксичных” вод.

Тест-организм – протококковые водоросли

В марте, апреле и августе 2008 г. воды р. Ини и Беловского водохранилища во всех опытах с хлореллой оказывали острое токсическое действие на рост клеток, ингибируя их. Исключением была вода водохранилища, отобранная в марте на верхнем его участке (с. Поморцево) и оказывающая стимулирующее действие на рост клеток тест-объекта (табл. 2). Максимальное ингибирование роста клеток водорослей выявлено в апреле в воде выше водохранилища (с. Сидорёнково), в августе –

Таблица 2. Показатели токсичности вод р. Ини и Беловского водохранилища по реакции тест-объектов протококковых водорослей и низших ракообразных в 2008 г. (результаты острого опыта – жирным шрифтом, хронического опыта – светлым)

Пункт отбора пробы	Дата отбора пробы	Сценедесмус			Хлорелла		Цериодафнии			Дафнии		
		К, $m \pm n$	ИКР ₅₀	БКР	ОПВ, $m \pm n$	ТКР	БКР _в	количество молоди на одну самку, $m \pm n$	БКР _п	БКР _в	количество молоди на одну самку, $m \pm n$	БКР _п
Выше водохранилища (с. Сидорёнково)	5.03	6.54 ± 0.36*	19.0	120.3	0.063 ± 0.001	7.1	1	3.44 ± 0.60	2	1	23.03 ± 0.98	2
	3.04	1.91 ± 0.18	2.7	12.9	0.062 ± 0.000	8.6	2	5.50 ± 0.50	1.3	1.4	8.29 ± 0.38*	1
	3.08	1.40 ± 0.17	3.6	10.8	0.063 ± 0.000	7.2	1	15.90 ± 0.92	27	1		
	5.03	5.75 ± 0.37*	16.0	94.3	0.067 ± 0.001	7.3	1	3.22 ± 0.62	2	1		
	3.04	1.36 ± 0.13	1.6	5.7	0.110 ± 0.001	8.2	1	5.56 ± 0.63	2	1	18.17 ± 0.35	10
	3.08	1.35 ± 0.15	2.4	9	0.057 ± 0.001	4.1	1	15.10 ± 0.82	81	1	7.40 ± 0.46	3
р. Иня												
Беловское водохранилище												
Верхний участок водохранилища (с. Поморцево)	5.03	6.25 ± 0.36*	16.9	114.9	0.154 ± 0.003	7.8	1	4.33 ± 0.53	4	1	14.57 ± 0.85*	1
	3.04	1.99 ± 0.18	1.9	31.6	0.074 ± 0.001	9.0	1	6.38 ± 0.70	2	1	20.86 ± 0.49	100
Устье сбросного канала ГРЭС	3.04	2.24 ± 0.20	1.7	21.5	0.143 ± 0.000	2.1	1	5.67 ± 0.78	10	1	11.01 ± 1.74	3
	3.08	2.24 ± 0.20	6.1	17.6	0.059 ± 0.000	2.8	1	8.30 ± 0.58	9	1	21.96 ± 0.18	100
Район рыбного хозяйства	1.04	0.96 ± 0.19	4.9	34.8	0.068 ± 0.001	7.0	1	4.10 ± 0.72	100	1	10.38 ± 0.77	3
	3.08	1.54 ± 0.21	8.7	18.9	0.123 ± 0.001	2.1	1	11.50 ± 0.96*	1	1		
Подводящий канал ГРЭС	5.03	6.49 ± 0.37*	16.7	100.0	0.088 ± 0.002	7.3	1	3.30 ± 0.52	2	1	19.29 ± 0.20	100
	3.04	2.25 ± 0.19	1.3	1.9	0.089 ± 0.005	7.2	1	4.67 ± 0.53	2	1	12.07 ± 0.43	81
Исток сбросного канала ГРЭС	3.08	1.70 ± 0.18	4.0	6.5	0.087 ± 0.002	2.7	1	6.40 ± 0.62	27	1		
	5.03	4.56 ± 0.27*	13.8	83.8	0.069 ± 0.003	11.6	1	3.02 ± 0.62	4	1	20.26 ± 0.72	100
Контроль	3.04	2.16 ± 0.22	1.4	7.2	0.112 ± 0.001	7.7	1	5.56 ± 0.60	2	1	2.70 ± 0.21	81
	3.08	1.60 ± 0.19	3.9	6.5	0.106 ± 0.001	1.9	1	7.60 ± 0.73	81	1		
Контроль	5.03	5.36 ± 0.31			0.127 ± 0.008			8.20 ± 0.59			9.70 ± 0.19	
	1–3.04	4.78 ± 0.33			0.165 ± 0.009			13.35 ± 1.61			6.09 ± 0.56	
3.08	4.24 ± 0.37			0.154 ± 0.007			9.90 ± 0.62					

* Вода не оказывает острого токсического действия на рост клеток хлореллы и сценедесмуса, хронического токсического действия на плодовитость низших ракообразных [12, 15, 19, 20].

Таблица 3. Выживаемость, %, тест-объекта *Daphnia magna* в хроническом опыте с водами р. Ини и Беловского водохранилища в 2002 г.

Пункт отбора пробы	21.01	12.04	03.06	29.09–3.10
р. Иня				
Выше водохранилища (с. Сидорёнково)	67*	87	25*	93
Нижний бьеф (с. Коротково)	100	93	20*	93
Беловское водохранилище				
Верхний участок водохранилища (с. Поморцево)	87	87	10*	73*
Устье сбросного канала ГРЭС	93	100	20*	47*
Район рыбного хозяйства	100	97	—	95
Подводящий канал ГРЭС	100	87	25*	87
Исток сбросного канала ГРЭС	87	93	20*	93
Контроль	100	97	100	100

* Вода оказывает хроническое токсическое действие на выживаемость дафний, так как отличия полученных значений для исследуемой воды от контроля достоверны при $P = 0.95$ [14].

в воде нижнего бьефа водохранилища и в устье сбросного канала.

В опытах со сценедесмусом в марте 2008 г. воды реки и водохранилища оказывали острое токсическое действие на рост клеток водорослей только в случае их разбавления (табл. 2). Подобный эффект, когда сильно разбавленная исследуемая среда оказывает большее токсическое действие на организмы, чем среда без разбавления, известен в токсикологии как “инверсия токсичности”. Такие случаи были выявлены в экспериментах с цериодафниями в нативной воде рек Которосль и Волга. При разбавлении воды Которосли в 17 раз наблюдали 100%-ную гибель рачков [17], при разбавлении воды Волги в 3 раза – 50%-ную гибель [16]. “Инверсию токсичности” объясняют распадом биологически недоступных для организмов химических соединений в исследуемых средах при их разбавлении и образованием новых не только биологически доступных, но и токсичных соединений [4]. Можно предположить, что такое явление стало причиной “инверсии токсичности” в экспериментах с водами р. Ини и Беловского водохранилища при использовании в качестве тест-объекта водорослей сценедесмуса.

В апреле и августе 2008 г. воды реки и водохранилища во всех опытах со сценедесмусом оказывали хроническое токсическое действие на рост присутствующих в воде клеток, ингибируя их (табл. 2).

Известно [3, 18], что острое токсическое действие более опасно для организмов, чем хроническое, так как первое может приводить к необратимым последствиям за относительно короткий промежуток времени. В настоящем исследовании

вода остро токсична для хлореллы во все периоды 2008 г. и хронически токсична для сценедесмуса в апреле и августе (табл. 2). Следовательно, воды р. Ини и Беловского водохранилища оказывали более выраженное воздействие на рост клеток хлореллы, чем сценедесмуса, и это необходимо учитывать при организации мониторинга исследуемых водных объектов.

Показатели БКР и ТКР воды р. Ини выше водохранилища (с. Сидорёнково) были больше, чем для воды его нижнего бьефа (с. Коротково). От верхнего участка водохранилища (с. Поморцево) с пиком в районе рыбного хозяйства до истока сбросного канала значения БКР и ТКР снижались (табл. 2).

Тест-организм – низшие ракообразные

Выживаемость. Выживаемость дафний в 2001, 2002, 2008 гг. и цериодафний в 2008 г. в остром опыте составила 90–100%, что не превышало 50%-ный порог токсичности [14, 19, 20] и свидетельствовало об отсутствии острого токсического действия воды на рачков.

В хроническом опыте токсическое действие вод р. Ини и Беловского водохранилища на выживаемость дафний было зафиксировано в 2002 г. в девяти опытах из 31 (табл. 3); в 2008 г. – в одном опыте из 13. На выживаемость цериодафний – в одном опыте из 18 (табл. 2).

Имеющиеся литературные сведения по токсикологическому анализу вод р. Волги и водоема-охладителя Балаковской АЭС [22], рек Берешь, Базыр и приплотинного участка Берешского водохранилища (водоема-охладителя Березовской

Таблица 4. Количество молоди на одну самку тест-объекта *Daphnia magna* в опыте с водами р. Ини и Беловского водохранилища в 2002 г.

Пункт отбора пробы	21.01	12.04	29.09–3.10
р. Иня			
Выше водохранилища (с. Сидорёнково)	н/д	$1.7 \pm 0.3^*$	$1.6 \pm 0.2^*$
Нижний бьеф (с. Коротково)	$9.5 \pm 0.6^*$	$7.7 \pm 0.3^*$	$1.9 \pm 0.3^*$
Беловское водохранилище			
Верхний участок водохранилища (с. Поморцево)	$2.0 \pm 0.1^*$	5.1 ± 0.2	$2.1 \pm 0.2^*$
Устье сбросного канала ГРЭС	$0.3 \pm 0.1^*$	$7.3 \pm 0.3^*$	н/д
Район рыбного хозяйства	$1.6 \pm 0.2^*$	$7.5 \pm 0.2^*$	$1.9 \pm 0.2^*$
Подводящий канал ГРЭС	$2.9 \pm 0.2^*$	$7.9 \pm 0.5^*$	$1.5 \pm 0.1^*$
Исток сбросного канала ГРЭС	$0.9 \pm 0.0^*$	$9.4 \pm 0.3^*$	$2.1 \pm 0.1^*$
Контроль	4.3 ± 0.1	4.9 ± 0.2	4.8 ± 0.3

* Вода оказывает хроническое токсическое действие на плодовитость дафний, так как отличия полученных значений для исследуемой воды от контроля достоверны при $P = 0.95$ [14].

ГРЭС-1) [11] позволяют провести сравнение полученных данных по острой токсичности воды р. Ини и Беловского водохранилища для низших ракообразных. Так, вода р. Волги и водоема-охладителя Балаковской АЭС, как и воды р. Ини и Беловского водохранилища, не оказывали острого токсического действия на выживаемость дафний. В экспериментах с цериодафниями воды устьев рек Береш, Базыр и приплотинного участка Берешского водохранилища, в отличие от вод р. Ини и Беловского водохранилища, оказывали острое токсическое действие на выживаемость рачков. Возможно, это связано с более интенсивной антропогенной нагрузкой на Берешское водохранилище и ее притоки [1], чем на р. Иню и Беловское водохранилище. Однако вероятность поступления токсичных соединений в р. Иню и Беловское водохранилище, вызывающих гибель низших ракообразных в хронических опытах, существует, что подтверждают данные, полученные в 2002 и 2008 гг. (табл. 2, 3).

Плодовитость. В 2002 г. в 18 опытах из 19 было установлено токсическое действие вод р. Ини и Беловского водохранилища на плодовитость дафний (табл. 4). В 12 опытах вода угнетала их плодовитость, в 6 – стимулировала ее. В апреле и августе 2008 г. воды реки и водохранилища во всех опытах оказывали токсическое действие на плодовитость рачков, стимулируя ее (табл. 2). Исключением была вода, отобранная в августе 2008 г. в истоке сбросного канала и оказывающая угнетающее действие на нее.

Судя по реакции цериодафний, воды р. Ини и Беловского водохранилища во всех опытах оказывали токсическое действие на их плодовитость, за

исключением воды, отобранной в августе 2008 г. в районе рыбного хозяйства и не оказывающей токсического действия на плодовитость рачков. Эффектами токсичности в двух экспериментах из 18 была стимуляция плодовитости рачков; эта вода была отобрана в августе 2008 г. выше водохранилища (с. Сидорёнково) и в его нижнем бьефе (с. Коротково). В 15 экспериментах из 18 вода угнетала их плодовитость (табл. 2).

Стимуляцию плодовитости низших ракообразных, как “интенсификацию их жизнедеятельности” [3], рассматривают как менее опасную фазу интоксикации, чем угнетение их плодовитости, так как длительное угнетение функций организма может привести к истощению его адаптационного потенциала и затем к гибели [18]. Следовательно, в 2008 г. воды р. Ини и Беловского водохранилища оказывали более выраженное воздействие на плодовитость цериодафний по сравнению с дафниями, что, как и в случае с протококковыми водорослями, необходимо учитывать при организации мониторинга исследуемых водных объектов.

Анализ показателей токсичности для вод р. Ини и Беловского водохранилища по реакции дафний показал, что в 2008 г. токсическое действие воды на рачков было меньше, чем в 2002 г., так как в этот период исследования зафиксировано меньшее количество случаев хронического токсического действия воды на их выживаемость. Более того, в отличие от 2002 г., когда преобладало угнетающее действие воды на плодовитость дафний, в 2008 г., наоборот, преобладала стимуляция плодовитости рачков.

Полученные результаты позволили оценить токсикологическое состояние вод р. Ини и Беловского водохранилища. По интенсивности свечения фотобактерий вода р. Ини (в 7 пробах из 10) и Беловского водохранилища (в 11 пробах из 18) соответствовала категории “высокотоксичных” вод. По реакции хлореллы в 2008 г. вода Беловского водохранилища была оценена в марте как “токсичная—среднетоксичная”, в апреле — “среднетоксичная”, в августе — “слаботоксичная”. Несмотря на то, что качество воды р. Ини по реакции хлореллы во все периоды наблюдений было оценено как “среднетоксичное”, максимальные показатели токсичности зафиксированы в апреле, средние — в марте и минимальные — в августе.

Согласно “Правилам охраны поверхностных вод” [13], предусматривающим отсутствие как острого, так и хронического токсического действия природной воды на тест-объекты, нормы качества вод р. Ини и Беловского водохранилища нарушены. Их токсикологическое состояние в 2001, 2002 и 2008 гг. по реакции сценедесмуса цериодафний и дафний оценено как “крайне неблагоприятное” [15].

Сравнение полученных данных показало, что вода р. Ини выше водохранилища более токсична для используемых в экспериментах тест-объектов, чем вода в его нижнем бьефе. В водохранилище были наиболее загрязнены в 2001–2002 гг. — верхний участок (с. Поморцево), устье и исток сбросного канала; в 2008 г. — верхний участок (с. Поморцево) и исток сбросного канала; наименее загрязнены в 2001–2002 гг. — подводящий канал, в 2008 г. — устье сбросного канала.

ВЫВОДЫ

Воды р. Ини и Беловского водохранилища не соответствуют нормам качества поверхностных вод по токсикологическим показателям.

По реакции фотобактерий качество воды водохранилища, как и р. Ини выше и ниже водохранилища, в 2001 и 2002 гг. преимущественно соответствовало категории “высокотоксичных” вод. Токсикологическое состояние реки и водохранилища, по данным опытов с дафниями в 2001, 2002 и 2008 гг., сценедесмусом и цериодафниями в 2008 г., оценено как “крайне неблагоприятное”. По реакции хлореллы в 2008 г. воды Беловского водохранилища соответствовали преимущественно категориям качества “слаботоксичные—токсичные”, р. Ини — “среднетоксичные”.

Воды р. Ини и Беловского водохранилища оказывали в 2008 г. более выраженное воздей-

ствие на тест-объекты водорослей хлореллы и низших ракообразных цериодафний, по сравнению со сценедесмусом и дафниями, что необходимо учитывать при организации мониторинга исследуемых водных объектов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН В.В. Кириллову — за консультацию и ценные замечания, М.И. Ковешникову, А.В. Котовщикову, М.И. Соколовой и С.О. Власову — за отбор проб воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианова А.В., Заворуев В.В., Заделенов В.А. и др. Оценка современного состояния экосистемы водоема-охладителя Березовской ГРЭС (Красноярский край) // Вод. ресурсы. 2006. Т. 33. № 2. С. 195–205.
2. Бедрицкая И.Н. Оценка токсикологической ситуации в садковом хозяйстве “Нептун” на оз. Песьво // Влияние теплового и органического загрязнения на биоту водоемов-охладителей. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1995. Вып. 314. С. 350–353.
3. Брагинский Л.П., Величко И.М., Щербань Э.П. Пресноводный планктон в токсической среде. Киев: Наук. думка, 1987. 180 с.
4. Голубев А.А., Люблина Е.И., Толоконцев Н.А. и др. Количественная токсикология: избранные главы. Л.: Медицина, 1973. 128 с.
5. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2002 году. Объединенное главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Кемеровской области. Кемерово: Практика, 2003. 400 с.
6. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохраных мероприятий по территории деятельности Западно-Сибирского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Новосибирск, 2005. Ч. II. 90 с; 2006. Ч. II. 94 с; 2007. Ч. II. 246 с; 2008. Ч. II. 370 с.
7. Журавлев В.Б., Власов С.О. Рыбоводно-биологические показатели и содержание тяжелых металлов в органах белого толстолобика, выращиваемого в садках Беловской ГРЭС // Тез. докл. X Гидробиол. о-ва. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 140–141.
8. Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Митрофанова Е.Ю. и др. Биологическая оценка последствий термического загрязнения водоема-охладителя Беловской ГРЭС // Ползуновский вест. 2004. № 2. С. 133–141.
9. Кратасюк В.А., Гительзон И.И. Бактериальная биолюминесценция и биолюминесцентный анализ // Биофизика. 1982. Т. 27. Вып. 6. С. 937–953.
10. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов (обзор) // Экология

- организмов водохранилищ-охладителей. Л.: Наука, 1975. С. 7–69.
11. Морозова О.Г., Бабаева Н.Н., Морозов С.В., Репях С.М. Влияние затопленных растительных остатков на формирование гидрохимического режима водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1. 3. Оценка токсичности воды методами биотестирования // Химия растительного сырья. 2001. № 1. С. 89–92.
 12. ПНД Ф Т 14.1:3:4.10–04 16.1:2.3.7–04. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М., 2007. 26 с.
 13. Правила охраны поверхностных вод (типовые положения). М.: Госкомприрода СССР, 1991. 38 с.
 14. РД 118–02–90. Методическое руководство по биотестированию воды. М.: Госкомприрода СССР, 1990. 52 с.
 15. РД 52.24.566–94. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. М., 1994. 130 с.
 16. Фадеева Л.А., Ботязова О.А. Оценка качества поверхностных вод рек Волги и Которосли методом биотестирования с использованием цериодафнии // Современные проблемы биологии и химии. Регион. сб. тр. молодых ученых. Ярославль: ЯрГУ, 2000. С. 111–114.
 17. Федоров П.А., Хабаров М.В., Лукьяненко В.И. О парадоксальной реакции *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg в опытах по биотестированию природных и сточных вод // Матер. второй науч.-практ. конф. “Актуальные проблемы экологии Ярославской области”. Ярославль: ВВО РЭА, 2002. Т. 2. С. 189–198.
 18. Филленко О.Ф. Задачи и приемы биотестирования токсичности водной среды // Методы биотестирования качества водной среды. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 3–9.
 19. ФР.1.39.2001.00282. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М.: АКВАРОС, 2001. 52 с.
 20. ФР.1.39.2001.00283. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: АКВАРОС, 2001. 52 с.
 21. ФР.1.39.2001.00284. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. М.: АКВАРОС, 2001. 44 с.
 22. Чупис В.Н., Журавлёва Л.Л., Жирнов В.А. и др. Оценка качества воды водоема-охладителя Балаковской атомной электростанции методами биомониторинга // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 43–50.
 23. Ribo M.L., Kaiser K.Z. Photobacterium phosphoreum toxicity bioassay // Toxicity assessment an international quarterly. 1987. V. 2. P. 305–332.