**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
СЕВЕРО-ВОСТОКА ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

Цыбекмитова Г.Ц.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия
gazhit@bk.ru*

ECOLOGICAL STATE OF SURFACE WATERS IN THE NORTH-EAST OF CENTRAL ASIA

Tsybekmitova G.Ts.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

Проблемы экологического состояния поверхностных вод в данной работе рассматриваются с точки зрения воздействий золотодобычи и объектов энергетики. Проведенные исследования показали, что хозяйственное использование водных объектов оказывает негативное воздействие на поверхностные воды региона. Данная ситуация является результатом отсутствия должного внимания природопользователей к состоянию окружающей среды и её экологической, экономической и социальной ценности.

Ключевые слова: река, водоем-охладитель, токсичные элементы, самоочищение, первичная продукция, пигменты фитопланктона.

The problems of the ecological state on surface waters in this work are considered from the point of view gold mining and energy facilities. Studies have shown that the economic use of water bodies has a negative impact on the surface waters of the region. This situation is the result of the lack of proper attention of nature users to the state of the environment and its ecological, economic and social value.

Keywords: river, cooling pond, toxic elements, self-purification, primary production, phytoplankton pigments.

Исследование состояния водных экосистем имеет большое значение для прогнозирования будущих биологических последствий природно-антропогенного воздействия. Базовые отрасли природопользования, которые представлены на северо-востоке Центральной Азии (сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность, гидроэнергетика) связаны с потребностью в водных ресурсах. Поэтому изменению экологического состояния поверхностных вод способствуют факторы антропогенного воздействия, такие как забор воды из поверхностных и подземных источников, а также загрязнение водных объектов поллютантами. В данных условиях одной из важнейших задач считается оценка состояния изменений водных экосистем под влиянием внешних и внутренних факторов [1].

Проблемы экологического состояния водных объектов в данной работе рассматриваются с точки зрения воздействий добычи россыпного золота и объектов энергетики. Исследование влияния добычи россыпного золота основаны на результатах комплексных экспедиционных исследований р. Средняя Борзя. Качество химического состава р. Средняя Борзя, как и других водотоков, поступающих в р. Аргунь как трансграничного водного объекта имеет приоритетное значение в оценке переносов загрязняющих веществ. Экологические последствия воздействий объектов энергетики рассмотрены на примерах состояния водоемов-охладителей (оз. Кенон и Харанорское водохранилище). Многолетние исследования данных объектов проводятся лабораторией водных экосистем ИПРЭК СО РАН.

1. Экологические проблемы, связанные с добычей россыпного золота. Река Средняя Борзя формируется на юго-восточном склоне Нерчинского хребта. Впадает в р. Аргунь на 511 км от устья. Длина реки составляет 118 км. Площадь водосбора 1410 км² [7]. В русле реки много лет проводится разработка месторождений россыпного золота. В результате большая часть длины реки нарушена. Естественные участки реки сохранились лишь на протяжении 10-15 км.

Содержание токсичных элементов в воде обследованных участков р. Средняя Борзя представлено в табл. 1. Из всего спектра определенных 64 элементов нами выбраны результаты, превышающие предельно-допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{р/х}) в местах отбора проб.

Таблица 1

Содержание химических элементов в воде р. Средняя Борзя (2013 г., мкг/л)

Станции	Химические элементы									
	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Hg	Pb
Верхнее течение	31.3	293	0.00	1.33	9.50	0.51	99.48	0.78	0.00	3.38
Нижнее течение	170.9	4994	15.65	65.81	101.7	7.28	331.6	3.36	0.02	13.07
ПДК _{р/х}	10	100	10	1	10	5	400	1	0.01	6

В верхнем течении р. Средняя Борзя, не подверженном изменению в результате разработки месторождений россыпного золота, в воде 2-3 раза превышены ПДК_{р/х} концентрации Mn, Fe и Cu. Данные значения можно принять как природный фон характерный для горнорудных территорий Забайкальского края.

В нижнем течении р. Средняя Борзя (выше с. Явленка, ниже пруда-отстойника) вода по 9 элементам из 10 не соответствует характеристикам рыбохозяйственных водотоков. Природный фон превышен по следующим химическим элементам: Mn – выше 5 раз, Fe – в 17 раз, Cu – в 49 раз. Выявленные концентрации токсичных элементов соизмеримы, а в некоторых случаях и выше концентраций, характерных для техногенных вод рудных месторождений. Так, в хвостохранилище Кадаинского рудника выявлены высокие концентрации ряда токсичных элементов (мкг/л): Mn – 161, Fe – 1067, Zn – 1548, Cu – 73, Ni – 20, As < 0.52 [5].

Отмеченный нами спектр токсичных элементов, присутствующий в воде нижнего течения р. Средняя Борзя, требует повышенного внимания к вопросам мониторинга и соблюдения технологии производства. Пруд-отстойник, обустроенный в прошлом веке на р. Средняя Борзя после участков разработки россыпного золота, должен соответствовать нормативам для улавливания загрязняющих веществ. В течение 30-40 лет на нем не проводятся дноуглубительные работы. Пруд в настоящее время практически заполнен иловыми отложениями. Глубина ее на момент исследования составляла от 25 (левый берег) до 100 см (центр). В связи с предельным заполнением пруда вода прямым потоком через дамбу направляется в сторону р. Аргунь.

Последствия разработки россыпного золота и загрязнения поллютантами речной экосистемы отражается на гидробиологической характеристике водотока. Проведенные ихтиологические исследования р. Средняя Борзя указывают, что численность рыб ниже работы гидромониторов и драг снижается в 3-5 раз, происходит перестройка структуры рыбных сообществ. Появляются чужеродные виды. Образовавшиеся карьеры по руслу реки заселились видом-вселенцем ротаном-головешкой, что способствует дальнейшему распространению чужеродных видов [3].

2. *Экологические последствия воздействий объектов энергетики.* Комплексные исследования по оценке влияния деятельности предприятий энергетики на экологическое состояние водоемов-охладителей являются одной из важных мер, позволяющих обеспечить природопользователей, органы государственного управления, экспертное сообщество информацией, необходимой для разработки природоохранных мероприятий и сохранения ресурсов водоемов.

При антропогенном давлении немаловажным для оценки самоочищающейся способности водоемов является значение отношения скорости продукции (А) к скорости деструкции (R) органического вещества (ОВ) в экосистеме. Если это отношение <1, считается, что система способна к самоочищению и справляется с оказываемыми на нее нагрузками. Если $A/R > 1$, то система продуцирует ОВ больше, чем способен его разложить [9], что может сопровождаться увеличением трофического статуса водоемов.

Сравнительная характеристика соотношений A/R за различные периоды исследований оз. Кенон представлены в табл. 2.

Таблица 2

Отношения продукции к деструкции в летние месяцы

Год	A/R	Авторы
1970 - 1972	0.75	Шишкин и др., 1972; Шишкин, Локоть, 1973
1970 - 1986	0.25 – 0.45	Оглы, 1998
2010	0.15 – 0.45	наши данные
2015	0.12 – 0.58	наши данные
2019	0.46 – 1.11	наши данные

Исследования оз. Кенон в 2015 и в 2019 гг. показали, что в зависимости А/Р в основном нет положительного баланса. В 2019 г. только по северному берегу озера соотношение А/Р имеет положительный баланс (1,11). Летом 2019 г. вследствие засушливого климата усиленно был поднят уровень воды в водоеме за счёт подкачки из р. Ингода, что способствовало в условиях положительных температур разложению затопленной береговой растительности и интенсивному обогащению литоральной зоны водоема растворенным ОВ.

В 1970-1972 гг. в центре озера продукция ОВ составляла 122-178 гС/м³ и соотношение А/Р соответствовало 0.75 [12; 13; 14]. Последующие исследования показали, что за период с 1970 по 1986 гг. произошла интенсификация процессов образования ОВ в 2.6 раза. Деструкция возросла в 5 раз, но в целом, увеличение продукционно-деструкционных процессов не привело к положительному балансу [8]. Исследования, проведенные в летний период 2010 г. показали, что самая высокая продукция ОВ отмечалась в августе и составляла 255 гС/м³. В этот период наивысшие значения фотосинтеза отмечались в поверхностных горизонтах водной толщи (0.4-0.7 мгО₂/л·сут.). Соотношения А/Р полученные в результате исследований 2015 и 2019 гг. находятся в пределах ранее полученных результатов. Положительное соотношение А/Р в литоральной зоне оз. Кенон (северный берег) в августе 2019 г. явилось результатом воздействия ТЭЦ-1 по регулированию уровня режима водоема. В целом, отношение А/Р в пределах экологической емкости водоема.

Следовательно, хотя имеет место химическое загрязнение водосборного бассейна и оз. Кенон в результате техногенного воздействия ТЭЦ-1 [10, 11, 16], экосистема ещё способна к самоочищению за счет биологического разнообразия гидробионтов. На сегодняшний день мы не можем сказать о максимальной химической нагрузке на оз. Кенон, при котором самоочищающаяся способность экосистемы может быть потеряна безвозвратно. Тем не менее, мы уже сегодня можем констатировать, что токсичные химические элементы по трофической цепи достигли до ихтиофауны. Так, в мышцах окуня и карася были обнаружены высокие концентрации ртути и свинца [17].

Харанорское водохранилище является искусственным водоемом, созданным для водоснабжения Харанорской ГРЭС. Ложе водохранилища было сформировано в пределах естественного русла р. Турга (Амурский бассейн) и заполнено водой в 1995 г. Представляемая экологическая оценка водохранилища будет основана на показателях фотосинтетической активности фитопланктона.

Полученные в ходе исследования значения пигментных показателей фитопланктона в различные периоды 2019 г. представлены в таблице 3.

Таблица 3

Пигментная характеристика фитопланктона в Харанорском водохранилище (мкг/л)							
Месяцы	C_{xa}	C_{fa}	C_b	C_{c1+c2}	C_k (цианобактерии)	C_k (диатомовые)	I (430/664) отн.ед.
апрель	0.27±0.09	0.07±0.06	0.93±0.43	-0.84	1.4±0.65	3.5±1.68	1.2±0.16
июль	0.87±0.35	-0.23	0.91±0.31	-0.71	1.6±0.36	2.7±0.83	1.3±0.13
октябрь	0.44±0.18	0.14±0.08	0.28±0.08	-0.05	0.6±0.25	3.6±0.85	1.4±0.12

Примечание: C_{xa} – концентрация хлорофилла *a* с поправкой на присутствие феофитина *a*, C_{fa} – концентрация феофитина *a*, C_b – концентрация хлорофилла *b*, C_{c1+c2} – концентрация хлорофиллов *c*₁ и *c*₂, C_k – концентрация каротиноидов, I – пигментный индекс.

В июле, по сравнению с результатами, полученными в апреле и в октябре, по всем станциям отбора проб выявлены отрицательные значения концентраций феофитина, указывающие о летней доминирующей роли активных форм фотосинтетических пигментов в продукционных процессах. Значительная доля хлорофилла *b* в общей сумме хлорофиллов показывает на доминирующую роль зеленых водорослей. Выявленные концентрации хлорофиллов *c*₁+*c*₂ определяют отсутствие криптофитовых водорослей.

Соотношение каротиноидов к хлорофиллу выше 1 указывает на преобладание желтых пигментов над зелеными, что создается при неустойчивом состоянии экосистемы [3; 6; 15]. Данное соотношение в экосистеме Харанорского водохранилища немного выше 1 (табл. 3). В период засушливого климата последних лет отмечается некоторая нестабильность экосистемы водохранилища в связи с постоянным восполнением его вод из р. Онон. Вода в водохранилище возобновляется 34 раза в год [2]. Тем

не менее в целом значения пигментного индекса свидетельствуют о физиологической активности первичного звена в продукции ОВ. Исходя из концентрации хлорофилла *a* экосистема Харанорского водохранилища продолжает сохранять мезотрофный уровень своего развития.

Таким образом, проведенные исследования показали, что хозяйственное использование водных объектов оказывает негативное воздействие на поверхностные воды региона. Данная ситуация является результатом отсутствия должного внимания природопользователей к состоянию окружающей среды и его экологической, экономической и социальной ценности. В настоящее время недостаточен уровень внедрения экологического мониторинга и стационарных пунктов наблюдений за состоянием водных ресурсов, оснащенных современными средствами измерения; недостаточен и контроль над соблюдением природоохранных нормативно-правовых актов.

Для улучшения существующей ситуации необходимо развитие концепций, методологии и методов экологического и гидробиологического мониторинга и анализа процессов в природно-техногенных водных экосистемах, с целью снижения экологических рисков и внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий; оценки состояния и прогнозирования возможных трансформаций водных экосистем, биоиндикации загрязнения водоемов и водотоков, биологических механизмов их самоочищения.

Работа выполнена в рамках проекта № FUFР-2021-0006 «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза. основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов».

Список литературы

1. Алимов А. Ф. Продукционная гидробиология. Л. : Наука, 2013. 339 с.
2. Андрюк А. А. Система технического водоснабжения ГРЭС // Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. С. 27-29.
3. Горлачева Е. П., Афонин А. В. Рыбное население бассейна р. Аргунь в условиях антропогенного воздействия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10. С. 273-281.
4. Ермолаев В. И. Фитопланктон водоёмов бассейна озера Сартлан. Новосибирск : Наука, 1989. 96 с.
5. Замана Л. В., Чечель Л. П. Гидрогеохимические особенности зоны техногенеза полиметаллических месторождений Юго-Восточного Забайкалья // Успехи современного естествознания. 2015. № 1. С. 33-38.
6. Минеева Н. М. Растительные пигменты в воде Волжских водохранилищ. М. : Наука, 2004. 156 с.
7. Обязов В. А. Река Средняя Борзя // Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие / гл. ред. Р. Ф. Гениатулин. Новосибирск : Наука. 2009. 698 с.
8. Оглы З. П. Фитопланктон и первичная продукция // Экология городского водоема. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. С. 44-68.
9. Одум Ю. П. Основы экологии. М. : Мир. 1975. 740 с.
10. Усманова Л. И. Гидрогеохимическая характеристика вод зоны влияния гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 166-172.
11. Цыбекмитова Г. Ц. Качество фильтрационных вод золошлакоотвала ТЭЦ-1 и возможные пути их поступления в оз. Кенон (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2016. № 2. С. 11-17.
12. Шишкин Б. А. Место подледного периода в годовом режиме биогенных элементов озера Кенон – водоема-охладителя Читинской ГРЭС // Записки ЗФГО СССР LXV. Проблемы зимоведения. Вып. 4. Чита : Ред.-изд. сектор Заб. филиала ГО СССР, 1972. 160 с.
13. Шишкин Б. А. Региональные особенности озерных экосистем Забайкалья. СПб, 1993. С. 52-55.
14. Шишкин Б. А., Локоть Л. И. Режим биогенных элементов и продукция фитопланктона озера Кенон // Лимнологические исследования в Забайкалье. Чита: Ред.-изд. сектор Забайкальского филиала ГО СССР, 1973. С. 29-48.
15. Priyadarshani I., Biswajit R. Commercial and industrial applications of micro algae – a review. J. Algal Biomass Utln. 2012, 3(4): 89-100.
16. Tsybekmitova G. Ts., Kuklin A. P., Tsyganok V. I. Heavy metals in bottom sediments of Lake Kenon (The Trans-Baikal Territory, Russia). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2019, 103, V. 3(2): 286-291. DOI: 10.1007/s00128-019-02645-7.
17. Tsybekmitova G. Ts., Gorlacheva E. P., Tashlykova N. A. Study of the Effect of Chemical Pollution with Coal-Fired Power Plant on the Fish of Lake Kenon (Trans-Baikal Territory, Russia). Questionary geographicae. 2021, 40(1): 51-62. DOI: 10.2478/quageo-2021-0004.