

УДК 556.531(574)

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ КАПШАГАЙСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. ИЛИ**

Н.А. Амиргалиев, Л.Т. Исмуханова, К.Е. Бектурсунов

Рассмотрен режим гидрохимических и токсичных соединений в воде Капшагайского водохранилища и дана комплексная оценка качества воды изученного водного объекта.

Ключевые слова: водохранилище; гидрохимия; тяжелые металлы; качество воды; концентрация.

**COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF WATER QUALITY
IN KAPSHAGAI RESERVOIR ON THE ILE RIVER**

N.A. Amirgaliev, L.T. Ismukhanova, K.E. Bektursunov

The article describes the hydrochemical and toxic compounds conditions of the water of Kapshagai reservoir and gives a comprehensive qualitative assessment of water of the studied water body.

Keywords: reservoir; hydrochemistry; heavy metals; water quality; concentration.

Водная безопасность в условиях засушливого Казахстана рассматривается в настоящее время как важный компонент национальной безопасности. Важным аспектом количественного лимитирования водных ресурсов в Казахстане является то, что все главные реки: Иртыш, Или, Сырдарья, Жайык (Урал) и др. имеют трансграничный характер. Из 91,3 км³/год суммарных ресурсов поверхностных вод 48,5 %, т. е. 44,3 км³/год поступает из сопредельных государств, на территории республики формируется местный сток в объеме 47,0 км³/год [1]. Причем к 2020 г. объем притока по трансграничным рекам может сократиться вдвое до 22,2 км³, что произойдет за счет уменьшения трансграничного стока [2]. Регулирование водных проблем, возникающих с использованием ресурсов трансграничных рек, для Казахстана становится крайне важной задачей.

Эти проблемы приобретают остроту не только в области сохранения оптимального объема притока речных вод в водные бассейны страны, но и в том, что происходит по трансграничным рекам – приток различных токсичных соединений, поскольку территория Казахстана занимает нижнее течение всех трансграничных водотоков.

В Казахстане в настоящее время эксплуатируется уже 210 водохранилищ, в которых сосредоточено 92,1 км³ воды, в 22 наиболее крупных водохранилищах, емкость каждого из которых превышает 100 млн м³, накоплено 90,4 км³ воды, что

составляет 98 % от суммарного объема всех водохранилищ республики [3, 4]. Все крупные водохранилища, такие как Бухтарминское, Шульбинское, Шардаринское и Капшагайское сооружены на трансграничных реках.

Одним из главных водных объектов страны является Капшагайское водохранилище, расположенное на реке Или. Наполнение его начато в 1970 г., однако до настоящего времени оно еще не достигло проектной отметки 485 м. абс. из-за корректировки в сторону снижения в интересах стабильного водообеспечения оз. Балхаш. Современная площадь водохранилища 1275–1280 км², объем воды 16,0 км³. Основная питающая артерия водохранилища – р. Или, несущая до 70 % всех поступающих в него вод, в левобережье оно принимает ряд притоков (Шелек, Турген, Есик, Каскелен, Талгар). Ресурсы водохранилища широко используются для выработки электроэнергии, рекреационных, судохозяйственных, рыбохозяйственных и других целей.

Капшагайское водохранилище, как и некоторые другие водоемы страны, подвергается негативному влиянию антропогенных факторов, главным образом за счет притока загрязняющих веществ в составе трансграничного стока р. Или и ряда малых рек, таких как Каскелен, Малая Алматинка, Есик, протекающих через города Алматы, Талгар, Есик и другие крупные населенные пункты.

Исследование гидрохимического режима и динамики токсичных соединений в водной экосисте-

Таблица 1 – Концентрация главных ионов в воде водохранилища в 2000–2015 гг.

Показатель	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Среднее	41,9	19,4	30,9	171	75,7	20,5
min	30,3	10,4	13,9	101	26,3	3,13
max	64,9	29,5	59,2	275	96,7	46,8
ПДК, мг/дм ³	180	50	120+50		100	300

Таблица 2 – Растворенный кислород и органические, биогенные вещества в воде водохранилища в 2000–2015 гг.

Показатель	рН	Растворенный кислород, мг/дм ³	Биогенные соединения, мг/дм ³				Органические вещества, мг/дм ³
			NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	
Среднее	8,4	10,1	0,10	0,019	0,181	0,006	5,23
min	8,0	7,9	0,004	0,005	3,89	0,189	1,45
max	9,4	14,2	0,43	0,040	1,46	0,036	12,0
ПДК, мг/дм ³		Не менее 4,0	0,5	0,08	40	0,2	

ме Капшагайского водохранилища проводится нами в течение многих лет, полученные результаты опубликованы в ряде работ [5–10].

Предлагаемая работа посвящена комплексной оценке качества воды Капшагайского водохранилища по результатам собственных исследований, проведенных в 2000–2015 гг. Экспедиционные исследования водохранилища проводили обычно в мае и августе каждого года, лишь в 2015 г. пробы воды отбирали в июне месяце. Анализ гидрохимических параметров и тяжелых металлов проводили согласно методическим руководствам [11–13].

Основной принцип оценки качества природных вод, официально утвержденный и повсеместно используемый в водоохраной практике, состоит в сравнении значений показателей состава и свойств исследуемой воды с существующими нормативными значениями предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Как известно, нормативы ПДК [14, 15] действуют и на территории РК с 1997 г. Методы комплексной оценки качества поверхностных вод постоянно совершенствуются, предложен ряд вариантов, в той и иной степени уточняющие и дополняющие существующие методы [16–19]. В работе авторами для комплексной оценки качества вод изучаемого водоема были использованы варианты методов, рекомендуемые профессором М.Ж. Бурлибаевым [18, 19].

Для комплексной оценки загрязненности вод (КИЗВ), весь перечень ингредиентов, по которым проводили гидрохимические анализы, был разделен на следующие условные группы: главные ионы, биогенные элементы, тяжелые металлы, ядовитые соединения, органические вещества, хлорорганические пестициды. Из этих шести групп гидрохимических и токсичных показателей в нашей базе данных имеется информация по четырем группам – главные

ионы, биогены, органические вещества и тяжелые металлы. Их концентрация в воде (в качестве исходных данных) приведены в таблицах 1–3. Кроме указанных параметров, в таблице 2 приведены данные по значениям рН и растворенного кислорода – важных показателей при оценке качества вод рыбохозяйственных водоемов [20].

Для расчета КИЗВ по принятым методам использованы загрязняющие ингредиенты, концентрация которых превышает собственные ПДК.

Из данных таблицы 1 видно, что в воде Капшагайского водохранилища содержание всех главных ионов ниже рыбохозяйственных ПДК.

За исследуемые периоды реакция водной среды менялась в отдельные годы (2004, 2005 гг.) от слабощелочной – 8,0–8,6, до щелочной, с водородным показателем 9,0–9,4. Кислородный режим водохранилища благоприятен для гидробионтов и варьировал в интервале 7,9–14,2 мг/дм³. Концентрация органических веществ по перманганатной окисляемости в целом не достигает высоких значений – 1,45–12,0 мгО/дм³. Содержание биогенных элементов в исследуемые годы также не превышало уровня ПДК, т. е. концентрация этих показателей соответствуют нормативным требованиям для рыбохозяйственных водоемов (таблица 2).

Тяжелые металлы, обладающие высокой стабильностью и кумулятивным эффектом, являются основными загрязняющими компонентами водоемов Казахстана и представляют наибольшую экологическую опасность. Накопление тяжелых металлов в воде под влиянием различных антропогенных факторов, ведет к нарушению нормального функционирования экосистем ряда водных объектов РК, к снижению их биологической продуктивности.

Из осредненных показателей концентрации тяжелых металлов за исследованный период (табли-

Таблица 3 – Концентрация тяжелых металлов в воде водохранилища

Год	Тяжелые металлы, мкг/дм ³						
	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Mn	Co
2001	43,0	0,8	24,1	4,8	59,5	91,6	0,12
2002	16,1	25,2	15,0	47,2	25,4	23,2	2,3
2003	45,7	1,1	12,1	6,4	33,8	7,1	6,5
2004	41,7	2,6	12,0	6,5	36,4	6,5	7,9
2005	43,6	7,8	3,4	25,5	9,2	7,9	3,2
2006	56,8	1,3	3,8	18,1	9,6	8,2	1,9
2007	48,8	4,0	39,7	53,0	8,3	8,9	0,78
2008	68,3	5,8	2,7	25,1	6,1	9,4	1,3
2009	41,8	4,2	3,3	15,8	5,9	9,8	2,8
2010	43,9	4,4	4,9	33,1	3,7	3,6	4,9
2011	38,4	1,8	3,5	39,4	2,7	7,3	5,1
2012	25,6	0,4	2,6	1,2	2,0	19,6	3,4
2013	11,3	3,1	3,5	2,9	6,3	4,4	4,5
2014	22,4	1,3	40,8	18,8	118	22,9	15,3
2015	24,3	1,5	13,5	2,4	13,8	4,7	9,6
ПДК _{px}	10	5	10	1	10	10	10

Таблица 4 – Индекс загрязненности вод по тяжелым металлам

Год	Zn (3)	Cd (2)	Pb (2)	Cu (3)	Ni (3)	Mn (3)	Co (2)
2001	1,43		1,21		1,98	3,05	
2002	0,54	2,52	0,75	15,7	0,85	0,77	
2003	1,52		0,61		1,13		
2004	1,39		0,60		1,21		
2005	1,45			8,50			
2006	1,89			6,03			
2007	1,63		1,99	17,7			
2008	2,28	0,58		8,37			
2009	1,39			5,27			
2010	1,46			11,0			
2011	1,28			13,1			
2012	0,85					0,65	
2013	0,38						
2014	0,75		2,04	6,27	3,93	0,76	0,77
2015	0,81		0,68		0,46		

ца 3) видно, что приоритетными загрязнителями водохранилища являются медь и цинк, содержание которых в воде постоянно превышает ПДК. Особенно часто это превышение отмечалось для свинца. Более высокие концентрации, превышавшие ПДК, почти для всех изучаемых элементов отмечались в 2002 и 2014 гг., за исключением кобальта и кадмия. Повышенный уровень концентрации отдельных металлов и их межгодовая динамика, естественно, влияют на качественные показатели воды.

В настоящей работе определение загрязненности воды Капшагайского водохранилища приводится с учетом класса опасности (K_0) загрязняющих ингредиентов. При выборе оценочных ин-

гредиентов в данном случае предпочтение отдается веществам, имеющим токсикологический признак вредности. Как известно, из 4 классов опасности тяжелые металлы отнесены ко второму и третьему классам, которые ранжируются [20] как «высоко опасные» (2-класс) и «опасные» (3-класс).

При расчете КИЗВ для каждой группы основополагающим фактором является показатель кратности превышения концентрации загрязняющего вещества над собственным ПДК с учетом класса опасности (таблица 4).

В таблице 5 представлены средневзвешенные значения КИЗВ для воды водохранилища по тяжелым металлам с учетом их класса опасности. Основ-

Таблица 5 – КИЗВ с учетом класса опасности за 2001–2015 гг.

Год	Показатели	С учетом Ко	КИЗВ _{ср.вз.}
2001	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Pb)/n	1,21	1,68
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+ Ni+ Mn)/n	2,15	
2002	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Cd +Pb)/n	1,63	3,05
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu+Ni+Mn)/n	4,47	
2003	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Pb)/n	0,61	0,97
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Ni)/n	1,33	
2004	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Pb)/n	0,60	0,95
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Ni)/n	1,30	
2005	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	4,97	4,97
2006	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	3,96	3,96
2007	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Pb)/n	1,99	5,80
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	9,61	
2008	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Cd)/n	0,58	2,95
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	5,32	
2009	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	3,33	3,33
2010	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	6,24	6,24
2011	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu)/n	7,21	7,21
2012	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Mn)/n	0,75	0,75
2013	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn)/n	0,38	0,38
2014	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Pb+Co)/n	1,40	1,71
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Cu+Ni+Mn)/n	2,03	
2015	КИЗВ К2=∑ИЗВ (Pb)/n	0,68	0,66
	КИЗВ К3=∑ИЗВ (Zn+Ni)/n	0,64	

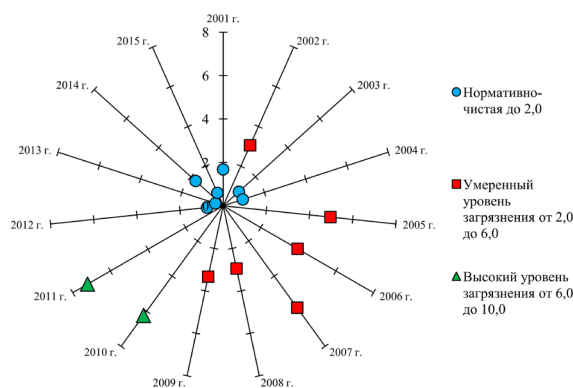


Рисунок 1 – Оценочные показатели загрязнения Капшагайского водохранилища по результатам КИЗВ с учетом класса опасности

ной рост значений КИЗВ приходится на 2 и 3 классы за счет повышенных концентраций меди и цинка, в некоторые периоды – свинца, никеля, марганца и кадмия. Средневзвешенный КИЗВ определяется путем сложения всех индексов с классом опасности.

Расчет КИЗВ с учетом класса опасности для воды Капшагайского водохранилища по содержанию тяжелых металлов за 2001, 2003, 2004 и 2012–

2015 гг. классифицируется как «нормативно чистая» (КИЗВ_{ср.вз.} до 1,71) (рисунок 1). «Умеренный уровень» загрязнения воды был характерен для 2002, 2005–2009 гг. (КИЗВ_{ср.вз.} до 5,80). «Высокий уровень загрязнения» по оценочным показателям был зарегистрирован в 2010 и 2011 гг. до (КИЗВ_{ср.вз.} до 7,21).

Таким образом, концентрация и режим основных гидрохимических показателей соответствуют

нормативным требованиям для воды рыбохозяйственных водоемов, однако повышенное содержание ряда токсичных элементов – меди, цинка и др. существенно снижает качество воды водохранилища. К факторам антропогенного характера, приводящих к росту концентрации тяжелых металлов в воде водохранилища, относится загрязненность ими трансграничного притока по р. Или и стока малых рек, поступающего в водохранилище. Определенное влияние на динамику тяжелых металлов оказывает уроченный режим водоема.

Литература

1. *Достай Ж.Д.* Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз / Ж.Д. Достай, Р.И. Гальперин, С.К. Давлеткалиев, С.К. Алимкулов // Вопросы географии и геоэкологии. Алматы, 2012. № 4. С. 18–24.
2. *Тулбаева Л.С.* Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Том XIV. Водобеспеченность Республики Казахстан: состояние и перспективы (ДСП) / Л.С. Тулбаева. Алматы, 2012. 238 с.
3. Интернет ресурс: <http://geo-site.ru/index.php/2011-01-11-14-44-21/84/308-vodohran.html>
4. *Амиргалиев Н.А.* Утоление жажды / Н.А. Амиргалиев. Алма-Ата: Казахстан, 1987. 236 с.
5. *Амиргалиев Н.А.* К характеристике химического состава воды водоемов зоны затопления Капшагайского водохранилища на р. Или / Н.А. Амиргалиев // Сб. Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их исследование. Алма-Ата: Наука, 1970. Вып. 6. С. 124–129.
6. *Амиргалиев Н.А.* Мониторинг динамики тяжелых металлов в воде р. Или и Капшагайского водохранилища / Н.А. Амиргалиев, Л.Т. Туралыкова, Т.К. Василина // Матер. XII междунаучно-практ. конф. «Аграрная наука с/х производству Казахстана, Сибири и Монголии». Алматы, 2009. Т.1. С. 394–396.
7. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / под ред. Т.К. Кудекова. Алматы: Каганат, 2002. 388 с.
8. *Амиргалиев Н.А.* Гидроэкологическое состояние Капшагайского водохранилища, как части Алтын-Эмельского государственного национального природного парка / Н.А. Амиргалиев, Л.Т. Исмуханова // Матер. междунаучно-практ. конф. «Успехи формирования и функционирования сети особо охраняемых природных территорий и изучения биоразнообразия». Костанай, 2014. С. 202–206.
9. *Амиргалиев Н.А.* Гидрохимические параметры и уровень антропогенных воздействий на качество воды Капшагайского водохранилища / Н.А. Амиргалиев, Д.К. Джусупбеков, Л.Т. Исмуханова // Вестник КНУ (Казахстанско-Немецкий университет): Водные ресурсы Казахстана: современное состояние, проблемы, пути их решения. Алматы, 2014. С. 138–147.
10. *Ismukhanova L.* Monitoring quality parameters of the transboundary outflow in the Ili River / L. Ismukhanova, N. Amirgaliev, K. Bektursunov // IWA 6-я Европ. конф. молодых специалистов водного сектора «Восток+Запад». Стамбул, 2014. С. 132–137.
11. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 541 с.
12. *Фомин Г.С.* Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам / Г.С. Фомин. М., 2000. 848 с.
13. СТ РК ИСО 8288–2005 «Качество воды. Определение кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия и свинца. Пламенные атомно-абсорбционные спектрометрические методы» (ИСО 8288:1986). Введен 2005-01-09. Астана, 2005. 20 с.
14. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. № 408 от 18. 08.1997 г.
15. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в т. ч. нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М., 2010.
16. *Никаноров А.М.* Комплексная оценка качества поверхностных вод суши / А.М. Никаноров, В.П. Емельянова // Водные ресурсы. 2001. Т. 32, №1. С. 61–69.
17. Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию (ПР РК 52.5.06-00). Разработчик к.г.н. М.Ж. Бурлибаев. Алматы, 2001. 74 с.
18. *Бурлибаев М.Ж.* Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / М.Ж. Бурлибаев, Ж.Н. Байманов, Е.А. Тажмагамбетов. Алматы: Ғылым, 2007. 95 с.
19. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / под ред. М.Ж. Бурлибаева. Астана, 2012. 80 с.
20. СанПиН № 4630–88 Охрана поверхностных вод от загрязнения. М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1988.