

УДК 556.11: 639. 3

**СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ И МЫШЬЯКА В КОМПОНЕНТАХ
ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА БАЛХАШ И ВОДОЕМОВ НИЖНЕЙ
ДЕЛЬТЫ Р. ИЛИ**Канд. геогр. наук Т.Я. Лопарева
Д.С. Шаухарбаева

В данной статье впервые приводятся материалы по содержанию и пространственной динамике ртути и мышьяка в водной среде, донных отложениях, макрофитах, бентонтах оз. Балхаш и приустьевых участков рек, впадающих в озеро. Выделены зоны наиболее загрязненные этими компонентами в результате техногенного воздействия промышленных комплексов на акваторию оз. Балхаш.

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. В список особо опасных загрязняющих веществ входят ртуть, ее соединения и мышьяк. Содержанию мышьяка и ртути в водных экосистемах разных категорий посвящено достаточно большое количество работ [11, 10, 8, 6, 5, 15, 1]. Проблема загрязнения биоценозов оз. Балхаш микроэлементами и особенно тяжелыми металлами отражена в ряде научных публикаций – в статьях и монографиях [13, 14, 3, 9, 17, 16, 2].

В данной работе представлены количественные концентрации ртути и мышьяка в воде, растениях, донных отложениях и бентонтах Балхаш-Илийского бассейна. Материалы по оз. Балхаш публикуются впервые, в чем заключается актуальность и новизна выполненных исследований.

Определение массовой концентрации ртути и мышьяка выполняли методом инверсионной вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе типа СТА. Проанализирован обширный материал, позволяющий дать характеристику пространственного распределения этих металлов по акватории озера; приустьевых участков рек Или, Каратал, Аксу, Лепсы; Ийр-Майтанской и Наурызбайской систем озер нижней дельты р. Или. Среднее содержание мышьяка и ртути в воде и донных отложениях Балхашского бассейна приведено в таблице 1.

Как известно из литературных источников [11, 10], ртуть поступает в водные системы путем антропогенного загрязнения в виде элементарной ртути

или двухвалентного иона. Как считает О.А. Алекин [1], содержание ртути в породах обладает низким Кларком – $7 \dots 10^{-6} \%$ и ее малая концентрация в природных водах объясняется малой распространенностью в природе и высокой адсорбционной способностью. Поэтому, по мнению ряда авторов [8], редко отмечаются концентрации ртути в природной среде $> 3 \text{ мкг/дм}^3$.

Таблица 1

Среднее содержание ртути и мышьяка в экосистеме Балхашского бассейна

Район	Содержание в воде, мкг/дм ³		Содержание в донных отложениях, мг/кг	
	Hg	As	Hg	As
I район	0,30	30	0,45	65
II район	0,31	10	0,29	100
III район	0,20	57	0,07	73
IV район	0,29	16	0,82	177
V район	0,13	15	0,20	78
VI район	0,12	14	0,25	100
VII район	0,10	10	0,35	70
VIII район	0,43	15		
Устье р. Или	0,10	9,0	0,30	50
Устье р. Каратал	0,74	15	0,35	60
Устье р. Лепсы	0,12	7,0	0,20	100
Устье р. Аксу	0,80	11,0	0,15	50
Проток Ийр	0,10	9,0	0,20	50
Проток Жидели	0,10	9,0	-	-
Проток Нарын	0,12	9,0	-	-
Оз. Шубаркунан	0,47	10	-	-
Оз. Асаубай	$< 0,10$	10	-	-
Оз. Бабушиное	0,45	12	-	-
Оз. Мал. Наурызбай	0,23	9	-	-
Оз. Белое	0,20	9	-	-

Концентрация ртути в незагрязненных пресных водах колеблется в пределах $0,02 \dots 0,1 \text{ мкг/дм}^3$, в морских – от $0,01$ до $0,03 \text{ мкг/дм}^3$. Незагрязненные реки и озера Канады содержат ртути в пределах $0,01 \dots 0,1 \text{ мкг/дм}^3$, р. Рейн – от $0,2$ до $0,6 \text{ мкг/дм}^3$ [11], в речных водах мира в целом – $0,07 \text{ мкг/дм}^3$ [8]. В природных водах горного Алтая среднее содержание ртути составляет $0,55 \text{ мкг/дм}^3$. В некоторых рудных зонах до $0,95 \text{ мкг/дм}^3$, в воде р. Дунай – $0,06 \text{ мкг/дм}^3$ [5, 15].

Предельное содержание ртути в водной среде оз. Балхаш по акватории представлено величинами $< 0,10$ до $0,50 \text{ мкг/дм}^3$. Максимальные концентрации обнаружены в районе Бурубайтала – до $0,50 \text{ мкг/дм}^3$

(I гидрохимический район), в IV гидрохимическом районе в зоне влияния выбросов ПО «Балхашцветмет» – от 0,35 мкг/дм³ (бухта Бертыс) до 0,50 мкг/дм³ в зоне влияния сбросов бывшей артели «Каззолото» (залив Малый Сарышаган). В VIII гидрохимическом районе, в самой восточной оконечности озера в районе Бурлютюбе ртуть обнаружена в количестве 0,43 мкг/дм³, как следствие влияния р. Аягоз, несущей со своими водами компоненты техногенного загрязнения. В остальных районах оз. Балхаш концентрация ртути находится в пределах < 0,10...0,30 мкг/дм³, что соответствует содержанию этого компонента в водах Рейна – 0,2 мкг/дм³; в реках Европейской части [7] – 0,40...1,00 мкг/дм³; несколько ниже, чем в морях [1] – 0,7...2,0 мкг/дм³, природных водах рудного Алтая – 0,55...0,95 мкг/дм³ [8].

Из-за токсичности соединения ртути предельно-допустимая концентрация (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов определена очень низкой величиной – 0,01 мкг/дм³ [12]. В литературных источниках при сравнительной характеристике содержания ртути в водах водоемов, в основном, используют ПДК для питьевого и санитарно-бытового водопользования – 0,5 мкг/дм³ [8]. С этих позиций содержание ртути в оз. Балхаш, за исключением отдельных точек, ниже ПДК_{сан.-быт.} (0,5 мкг/дм³) и выше ПДК (0,01 мкг/дм³) для рыбохозяйственных водоемов.

Количество ртути в реках, питающих оз. Балхаш разнопланово. Реки Или, Лепсы и протоки Ийр, Жидели, Нарын содержат в своем составе невысокие концентрации этого компонента – 0,10...0,12 мкг/дм³. Вода рек Каратал и Аксу, куда впадают промышленные стоки, загрязнена ртутью в пределах 0,74 мкг/дм³ и 0,80 мкг/дм³ соответственно. Обследование озер Ийр-Майтанской и Наурызбайской систем показало, что в водах озер Ийр-Майтанской системы содержание ртути – 0,45...0,47 мкг/дм³, а в озерах Наурызбайской системы (Белое и Малый Наурызбай) – в 2 раза меньше и в среднем составляет 0,20...0,23 мкг/дм³. Минимальное количество ртути (< 0,1 мкг/дм³) найдено даже в самом проточном озере Асаубай.

Мышьяк широко распространен в окружающей среде, в том числе в воде, тканях растений и животных, в донных отложениях. Рудная металлургическая промышленность – главный источник загрязнения поверхностных вод мышьяковистыми соединениями. Другой источник загрязнения – это возвратные воды с полей орошения сельскохозяйственных угодий, обработанных гербицидами, содержащими мышьяк.

По литературным источникам в незагрязненных пресных водоемах содержание мышьяка находится в пределах 1 мкг/дм³, воды открытого океана имеют более высокое содержание мышьяка (2...3 мкг/дм³) [11]. Реки и водоемы, расположенные в районах с различной промышленностью, содержат в своем составе до 20 мкг/дм³ мышьяка, а подверженные сельскохозяйственному воздействию (опыление посевов гербицидами) – до 35 мкг/дм³ [11].

Экосистема оз. Балхаш испытывает жесткий антропогенный пресс, как техногенного характера со стороны металлургического производства и ТЭЦ, так и сельскохозяйственного – при обработке сельхозугодий гербицидами, содержащими арсенаты. В связи с этим вода оз. Балхаш содержит в своем составе достаточное количество мышьяка – в пределах 10...57 мкг/дм³. Эти значения свидетельствуют о наличии загрязнения водной среды. Концентрации мышьяка, превышающие ПДК (0,05 мг/дм³) [12] встречаются только в III гидрохимическом районе в заливе Косагаш в количестве 1,9 ПДК и 1,1 ПДК в среднем по III гидрохимическому району. Несколько повышено содержание мышьяка в районе Бурубайтала (I гидрохимический район) – до 30 мкг/дм³ и в районах, более подверженных выбросам ПО «Балхашцветмет»: заливе Торангалык – 29 мкг/дм³; бухте Бертыс – 27...35 мкг/дм³. По остальным районам распределение мышьяка равномерное – в количестве 8...16 мкг/дм³.

Все реки, питающие оз. Балхаш, на момент отбора проб имели относительно невысокую концентрацию этого компонента – в пределах 7...15 мкг/дм³. Количество мышьяка, равномерно распределенное по акватории озер нижней дельты, представлено значениями 9,0...16 мкг/дм³.

Содержание ртути и мышьяка в высшей водной растительности оз. Балхаш

Как свидетельствуют литературные данные, мышьяк не дает существенного загрязнения водных растений, за исключением локальных участков, расположенных вблизи сброса. Поэтому содержание его в макрофитах невысокое, в пределах 0,15...0,40 мг/кг в Европейской части СССР и 0,26...1,4 мг/кг в Азиатской части [10]. Концентрация этого элемента в макрофитах оз. Балхаш, определенная методом инверсионной вольтамперометрии невысокая, в пределах 0,1 мг/кг.

Содержание ртути в водных растениях оз. Балхаш, характеризуется значениями 0,04...0,37 мг/кг сухого веса (таблица 2). Более высокие показатели 0,15...0,37 мг/кг приурочены к акватории озера, приближенной

к промышленному комплексу ПО «Балхашцветмет»: бухта Бертыс, залив Торангалык. В остальных районах озера содержание ртути в макрофитах в 3...4 раза ниже и составляет 0,04...0,08 мг/кг. Эти значения соответствуют содержанию ртути в растениях водоемов разных стран. Так, содержание ртути в макрофитах водоемов Финляндии, в среднем 0,8 мг/кг, в Норвегии – 0,05...0,18 мг/кг, в ФРГ – 0,03...0,43 мг/кг [11], в Европейской части бывшего СССР – 0,01...0,13 мг/дм³, в Азиатской – 0,01...0,09 мг/кг [10].

Таблица 2

Содержание ртути и мышьяка в растениях оз. Балхаш, мг/кг

Вещество	Район					
	бухта Бертыс	залив Торангалык	залив Мал. Сарышаган	Тасарал	дельта р. Или	устье р. Каратал
Ртуть	0,37	0,15	0,08	0,04	0,07	0,04
Мышьяк	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Ртуть и мышьяк в донных отложениях

Высокому обогащению вод ртутью и мышьяком способствует их взаимодействие с почвогрунтами. Экспериментальными исследованиями доказано [8, 6], что хорошими сорбентами ртути являются: илстые накопления, тонкодисперсные материалы и органические вещества. Большинство соединений ртути находятся в неорганической форме. В воде она адсорбируется взвешенными веществами и при седиментации взвешенных частиц поступает в донные отложения. Как следует из литературных источников, никаких норм, регламентирующих содержание ртути в донных отложениях, пока не существует. Фоновыми концентрациями могут служить концентрации этого металла в незагрязненных районах исследуемого водоема. Такими точками для оз. Балхаш могут быть более чистые грунты в районе Косагаш, центре III района, в районе бухты Орлиное, где содержание ртути находится в пределах 0,000...0,002 мг/кг.

Максимальные концентрации ртути в донных отложениях обнаружены в местах наибольшего влияния выбросов ПО «Балхашцветмет», а именно: в бухте Бертыс, в заливе Торангалык (у хвостохранилища), в заливе Малый Сарышаган (район бывшей артели «Каззолото») в количестве 1,0...1,2 мг/кг. В остальных районах акватории озера и реках содержание ртути в донных отложениях невысокое, по средним значениям в пределах 0,07...0,82 мг/кг (таблица 1). Более загрязнены илстые отложения в южной оконечности озера (I район), в районе г. Балхаш (IV гидрохимический район) и восточная часть оз. Балхаш (VII гидрохимический район).

Для сравнения приведем литературные данные, характеризующие содержание ртути в донных отложениях водоемов разных стран [11, 10, 8, 6, 5, 15]. Так, в реках и озерах Европейской части СССР – 0,01...0,45 мг/кг; в азиатской части – 0,01...0,02 мг/кг, в водоемах Северной Америки – 0,004...2,1 мг/кг. В донных отложениях оз. Онтарио (США) – 0,03...2,10; в пресноводных грунтах Канады – 0,19...0,30 мг/кг; в заливе Минамата (Япония) – 0,2...0,24 мг/кг. В Рижском заливе этот компонент находится в количестве 1,13 мг/кг, в прибрежных грунтах Балтийского моря содержание ртути составляет 1,13...1,60 мг/кг. В Амурском заливе в районе сброса бытовых и промышленных отходов концентрация этого металла находится в пределах 0,18...2,9 мг/кг, в заливе Минамата (Япония) на незагрязненных участках 0,4...3,1 мг/кг; в местах сброса сточных вод – до 2000 мг/кг. В Западной части Средиземного моря – 1,62 мг/кг. Таким образом, содержание ртути в донных отложениях незагрязненных районов оз. Балхаш и питающих его рек идентично концентрации этого металла в донных отложениях многих водоемов в разных частях мира.

Мышьяковистые соединения, поступающие в водную среду оз. Балхаш, частично аккумулируются донными отложениями, поглощаются флорой и фауной, образуют трудно растворимые соли, выносятся течениями в открытую часть озера.

В незагрязненных донных осадках [11] обычно содержится от 5 до 15 мг/кг мышьяка, в пресноводных донных отложениях – от 0,5 до 59 мг/кг. Допустимые концентрации мышьяка в почве – 2,0 мг/кг. Фоновое содержание мышьяка в донных отложениях Азиатской части СССР составляет 3,0...11,0 мг/кг [10]. Среднее фоновое содержание мышьяка в донных отложениях оз. Боровое – 6,7 мг/кг, в дельте Волги – 12 мг/кг [15].

Основными загрязнителями донных отложений мышьяком и ртутью являются рудная и металлургическая промышленность, а также сельскохозяйственное производство, использующее гербициды. Оз. Балхаш подвержено влиянию техногенного загрязнения со стороны ПО «Балхашцветмет», с твердыми выбросами которого ежегодно в атмосферу поступает около 612 т и с газообразными выбросами около 920 т неорганического мышьяка. В результате доминирующих ветров 59 % выбросов или около 903,8 т проходит над акваторией озера, загрязняя его поверхность (по статистическим данным 2ТП-воздух за 2005 г. ПО «Балхашцветмет»).

Так, содержание мышьяка в снеге на поверхности озера в 2007 г., в зависимости от удаления от источника, колебалось в пределах

0,03...1,50 мг/дм³ (при среднем значении 0,25 мг/дм³). Для сравнения, по нашим исследованиям в 1993...1994 гг. концентрация его в снеге по акватории озера варьировала в пределах 0,01...1,21 мг/дм³, при средних значениях 0,26 мг/дм³ [4]. Более высокая степень загрязнения снега характерна для акватории озера, примыкающей к промышленному комплексу: бухте Бертыс, заливу Торангалык, заливу Малый Сарышаган. По данным 1994 г. на поверхность озера осаждалось 77,4 т или 0,35 г/м² мышьяка. Из них в бухту Бертыс поступило 3,9 т или 0,25 г/м²; залив Торангалык – 29,6 т или 1,71 г/м²; залив Малый Сарышаган – 3,12 т или 0,12 г/м². Остальное количество мышьяковистых соединений распространяется на более отдаленные участки акватории оз. Балхаш.

Содержание мышьяка в донных отложениях оз. Балхаш и питающих его рек превышает фоновое содержание его в донных отложениях Азиатской части – от 5 до 16 раз и в количественном выражении варьирует, по средним значениям, в пределах 50...177 мг/кг. Доминируют по загрязнению грунты части акватории в 220 км² IV гидрохимического района, максимально приближенного к промышленному комплексу ПО «Балхашцветмет» и ТЭЦ. В бухте Бертыс содержание мышьяка находится в количестве 100...430 мг/кг; в заливе Торангалык – от 95 до 450 мг/кг, в заливе Малый Сарышаган – от 80 до 170 мг/кг. В более отдаленных от источника загрязнения районах концентрация мышьяка в донных отложениях снижается от 3 до 6 раз и составляет в районе Гульшат-Корс – 50...90 мг/кг, аналогичные концентрации обнаружены в западных и восточных районах озера – от 50 до 100 мг/кг. В такой же степени загрязнены донные отложения и рек, впадающих в оз. Балхаш. Таким образом, помимо 220 км² акватории, где донные отложения местами содержат до 450 мг/кг мышьяка, основная площадь акватории оз. Балхаш и рек имеют умеренные концентрации этого металла в грунтах, сравнимые с содержанием его (59 мг/кг) в донных отложениях озер других стран [11]: Медвежье озеро (Канада) – 400...3700 мг/кг, оз. Биг-Сидар (США) – 150...659 мг/кг; оз. Мичиган (США) – 10,9...42,5 мг/кг [11].

Содержание ртути и мышьяка в бентонтах

Как утверждают авторы [11], сильной биокумуляции мышьяка бентонтами не наблюдается. В некоторых озерах Северной Канады содержание его в бентосе составляет 1...1300 мг/кг сухого веса. В незагрязненных водоемах содержание мышьяка в бентонтах колеблется в пределах 0,5...20 мг/кг, в моллюсках и ракообразных, выловленных в прибрежных водах Юго-Западной Англии обнаружено до 35...65 мг мышьяка на кг су-

хого веса. Низкие величины (6...8 мг/кг) установлены для копепод, амфипод, выловленных в заполярных эстуариях [11].

В плане загрязнения бентосных организмов оз. Балхаш были обследованы мизиды, креветки, ракушечник, хирономиды как по отдельным районам озера, так и в устьях рек. Анализы показали, что в бентонтах озера содержание мышьяка колеблется в пределах от 100 до 500 мг/кг (таблица 3).

Таблица 3

Содержание ртути и мышьяка в бентонтах оз. Балхаш, мг/кг

Район	Мизиды		Креветки		Ракушечник		Хирономиды	
	Hg	As	Hg	As	Hg	As	Hg	As
I район	0,027	250	-	-	-	-	0,012	130
II район	0,022	100	-	-	-	-	-	-
III район	0,028	170	-	-	0,005	200	-	-
IV район	0,083	328	0,010	355	0,0058	218	-	-
V район	0,048	305	0,015	500	0,005	610	-	-
VI район	0,020	200	-	-	0,004	200	-	-
VII район	0,010	170	-	-	0,006	250	0,010	500
VIII район	0,071	210	-	-	-	-	-	-
Устье р. Или	0,055	130	-	-	-	-	-	-
Устье р. Аксу	0,027	110	0,011	150	-	-	-	-
Устье р. Каратал	0,027	300	-	-	-	-	-	-
Устье р. Лепсы	0,031	190	-	-	-	-	-	-

При этом концентрации мышьяка в разных видах бентонтов существенно не различаются между собой. Пространственная неоднородность выражается в повышенных концентрациях мышьяка в IV и V районах, как более подверженных техногенному загрязнению. В устье р. Каратал также отмечено несколько повышенное содержание мышьяка в мизидах, а в VII районе в хирономидах превышение мышьяка составляет 3,8 раза относительно I гидрохимического района (юго-западная оконечность озера) (таблица 3).

Как известно из литературных источников, уровни общего содержания ртути в пресноводных бентонтах превышают таковые для морской биоты, средние величины которых составляют 0,1...0,4 мг/кг сухого веса [11]. Пределы колебания в ракообразных 0,02...0,72 мг/кг, в хирономидах – 0,08...1,43 мг/кг, в мизидах – 0,02...0,65 мг/кг. В Амурском заливе концентрация ртути в биоте в среднем 1,1 мг/кг сухого веса, в проливе Босфор Восточный – 1,0 мг/кг, в других исследованных участках залива Петра Великого – 1,1 мг/кг [15].

Загрязнение ртутью бентонтов оз. Балхаш значительно ниже по сравнению с перечисленными выше водоемами. Так концентрация ртути в

мизидах, в зависимости от района озера, колеблется в пределах 0,022...0,071 мг/кг, в устьях рек этот металл обнаружен в количестве 0,027...0,055 мг/кг. Доминантами по накоплению ртути являются мизиды в IV и V районах, как более загрязненных выбросами ПО «Балхашцветмет», а также в восточной оконечности оз. Балхаш (VIII). Содержание ртути в креветках и хирономидах ниже, чем в мизидах и составляет 0,010...0,015 мг/кг, в ракушечнике – в пределах 0,005 мг/кг.

В заключение следует констатировать, что все составляющие экосистемы оз. Балхаш загрязнены соединениями ртути и мышьяка, концентрации которых, в основном, находятся в пределах колебания содержания их в природных водах разных категорий и разных континентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – С. 106-113.
2. Амиргалиев Н.А., Лопарева Т.Я., Накыпбек С.Т., Кенжебеков Б.К. О влиянии антропогенного загрязнения на состояние биологических объектов оз. Балхаш // Гидрометеорология и экология. – 2003. – № 1. – С. 99-114.
3. Брагин Б.И., Нилов В.И. Тяжелые металлы и хлорорганические пестициды в оз. Балхаш // Проблемы сохранения оз. Балхаш и рационального использования его сырьевых ресурсов. – Балхаш, 1992. – С. 21-22.
4. Влияние выбросов промышленных предприятий города на гидрохимию оз. Балхаш: Отчет о НИР (заключ.)/ БО КазНИИРХ. – Балхаш, 1994. – 79 с. – Отв. исполн. Т.Я. Лопарева, Б.К. Кенжебеков.
5. Дворников А.Г. Некоторые данные о содержании ртути в шахтных водах юго-восточного Донбасса. // Гидрохимические материалы. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Т. XLVI. – С. 57-63.
6. Комаровский Ф.Я., Полищук Л.Р. Ртуть и другие тяжелые металлы в водной среде: миграция, накопление, токсичность для гидробионтов. // Гидробиологический журнал. – Т. 17. – 1981. – № 5. – С. 71-83.
7. Коновалов Г.С. Изучение микроэлементов в поверхностных водах суши // Гидрохимические материалы. – 1967. – Т. XLV. – С. 237-249.
8. Ломоносов И.С., Шепотько А.О. Геохимическая оценка поведения ртути при создании Катунского водохранилища. // Водные Ресурсы. – 1989. – №3. – С. 118-126.
9. Лопарева Т.Я., Амиргалиев Н.А., Накыпбек С.Т., Кенжебеков Б.К. Уровень накопления токсикантов в промысловых рыбах оз. Балхаш: Тез. докл. / «Современные проблемы водной токсикологии». – Борок, 2002. – С. 17-19.

10. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Под ред. Ю.А. Афанасьева и С.А. Фомина. – М.: МНЭПЦ, Ч. 2. – 2001. – 337 с.
11. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 272 с.
12. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов: Утв. Нач. Главрыбвода Минрыбхоза СССР В.А. Измайловым 09.08.90. – М.: 1990. – 46 с.
13. Проблемы гидрологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. / Под редакцией А.Б. Самаковой. – Алматы: Каганат, 2002. – 583 с.
14. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / Под редакцией Т.К. Кудекова. – Алматы: Каганат, 2002. – 389 с.
15. Содержание ртути в компонентах экосистемы залива Петра Великого / Д.М. Поляков, М. Вирцавс, С.И. Козлова, А.А. Лобанов, Т.Я. Задонская, Е.Н. Шумилин // Водные Ресурсы. – 1991. – №5. – С. 101-108.
16. Хузина Г.Г. Содержание микроэлементов в воде оз. Балхаш: Тез. докл. / Республиканская научно-теоретическая конференция «Сейфуллинские чтения-2». – Астана: 2006. – С. 212.
17. Шаухарбаева Д.С., Лопарева Т.Я, Амиргалиев Н.А. Оценка влияния антропогенного загрязнения на качество воды и гидробионты озера Балхаш // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2007. – №4. – С. 41-44.

Балхашский филиал Научно-производственного центра рыбного хозяйства АО «КазАгроИновация», г. Балхаш

**БАЛҚАШ КӨЛІНІҢ ЖӘНЕ ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ ТӨМЕНГІ
АТЫРАУЫНДАҒЫ КӨЛДЕРІНІҢ ЭКОЖУЙЕСІ
КОМПОНЕНТАРЫНДАҒЫ СЫНАП ПЕН
МЫШЬЯКТЫҢ МАЗМҰНЫ**

Геогр. ғылымд. канд. Т.Я. Лопарева
Д.С. Шаухарбаева

Бұл мақалада Балқаш көлінің және озендердің құйылыс аймағындағы судағы, судың астындағы топырағындағы, макрофиттарындағы, бентонттарындағы сынап пен мышьяқтың мазмұны мен динамикасы көрсетілген материалдар берілген. Балқаш көліндегі өнеркәсіптік кәсіпорындардың залалдық заттарымен өте ластаған аймақтар анықталған.