

УДК 504.4:913 (282.255.582)

Доктор геогр. наук

К.М. Джаналеева *

Ж.Т. Мукаев *

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ***ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, БИОГЕН-
НЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ*

Исследован гидрохимический состав аквальных комплексов оз. Алаколь используемых в целях рекреации. Определен макрокомпонентный состав, концентрация тяжелых металлов (ТМ), а также содержание биогенных и органических веществ. Рассмотрено влияние маломерного моторного флота с подвесными лодочными моторами и автотранспорта на аквальные комплексы озера Алаколь. В аквальных комплексах используемых в целях рекреации обнаружено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по меди и цинку. Определено содержание ТМ в донных отложениях аквальных комплексов используемых в рекреационных целях.

Введение. В активно развивающемся процессе туристско-рекреационной деятельности важным природным ресурсом рекреационных ландшафтов являются водоемы. Водоемы значительно повышают аттрактивность и живописность ландшафта и позволяют существенно разнообразить структуру рекреационных занятий. Побережье и акватория оз. Алаколь используется для самых разнообразных видов рекреационной деятельности. В основном это купание, пляжный отдых, катание на лодках, катамаранах, скутерах, катерах и т.д. Маломерный моторный флот при интенсивном использовании является источником загрязнения озера нефтепродуктами. Так же, на участках неорганизованной рекреации в местах скопления автотранспорта вдоль береговой зоны озера возможен вынос загрязняющих веществ в водоем.

Рекреационное «поступление» в водоем отдельных загрязняющих веществ и их суммарное количество не должно приводить к превышению

* Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

утвержденных предельно допустимых концентраций или санитарно-гигиенических нормативов по этим элементам. Учету подлежат не только сами «поступления» от рекреационной деятельности, но и уже существующие концентрации этих элементов в водоеме. Нормирование нагрузок может производиться как расчетным, так и экспериментальным путями или их сочетанием [15].

Исследование химического состава оз. Алаколь является актуальной проблемой в связи с интенсивным рекреационным использованием озера. В данной работе рассматривается химический состав воды оз. Алаколь содержание биогенных и органических веществ, а также уровень концентрации тяжелых металлов. Для тяжелых металлов характерны высокая токсичность, мутагенный и канцерогенный эффекты. В связи с этим актуальными являются исследования на содержание и концентрацию ТМ в поверхностных водах, используемых для рекреации.

Первые сведения о химическом составе воды Алакольских озер относятся к 1914 г., когда А.Ф. Свирчевским был произведен химический анализ воды оз. Алаколь. Регулярный отбор проб на химический анализ на оз. Алаколь (пос. Коктума) производился Гидрометслужбой КазССР с 1956 г.

Первые детальные гидрохимические исследования Алакольских озер выполнены кафедрой неорганической химии химического факультета КазГУ под руководством Б.А. Беремжанова [11].

В 1961...1964 гг. широкие гидрохимические исследования всех четырех крупных озер Алакольской группы с круглогодичным циклом отбора проб были выполнены Алакольской гидрологической экспедицией Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории (Курдин, Шильниковская, 1965). Начиная с 1967 г., в течение многих лет Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (КазНИИРХ) проводил на Алакольских озерах широкие по масштабу гидрохимические и токсикологические исследования. С 1987 по 1993 гг. наряду с гидрохимическими выполнены токсикологические исследования, которые были продолжены в 2002 г.

Работы по определению содержания токсикантов в водотоках и водоемах бассейна оз. Алаколь проводились в рамках проекта ГЭФ/ПРООН/Правительства РК «Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер)» [5]. Так же гидрохимические и токсикологические исследования Алакольского водоема проводили Ж.Д. Достай [6], Н.А. Амиргалиев и др. [4].

Объекты и методы исследования. Объектами исследования послужили пробы воды, отобранные в акватории оз. Алаколь, вблизи села Кабанбай ВКО в 2013...2014 гг. Озеро Алаколь расположено перед Джунгарскими воротами и занимает наиболее пониженную часть Балхаш-Алакольской котловины, между Жетысуским (Джунгарским) Алатау и Тарбагатайским хребтом. Пробы отбирались в июле, когда наблюдается пик рекреационного водопользования. Все анализы проб воды, как в полевых, так и лабораторных условиях проводились по общепринятым гидрохимическим методикам. Анализ на содержание основных загрязнителей выполнен в лаборатории Центра гидрометеорологического мониторинга РГП «Казгидромет» (протоколы анализа воды №18-5-08/474, №18-5-10/665).

Весь полученный экспериментальный материал обработан методами вариационной статистики по руководству Н.А. Плохинского [13] с использованием программы MS EXCEL.

Результаты работы. По данным летних полевых исследований авторами получены результаты химического состава поверхностных вод оз. Алаколь и содержание в них химических элементов представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели химического состава и содержания химических элементов в аквальных комплексах оз. Алаколь

Параметр	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	<i>lim</i>	σ	$C_v, \%$
pH	8,9±0,02	8,85...8,92	0,03	0,19
Общая жёсткость	27,125±0,51	25,6...27,7	1,02	1,88
HCO ₃ ⁻	1108,75±18,31	1054...1131	36,62	1,65
Cl ⁻	1373,25±29,32	1286...1412	58,64	2,13
SO ₄ ²⁻	2849,5±68,36	2647...2947	136,72	2,40
NO ₃ ⁻	2,5875±0,05	2,45...2,7	0,11	2,09
Ca ²⁺	14,5±0,50	14...16	1,00	3,45
Mg ²⁺	320,75±6,60	301...328	13,20	2,06
Na ⁺ +K ⁺	2142,75±49,05	1998...2215	98,10	2,29
Pb	0,0009±0,0004	0,0002...0,0019	0,0007	77,14
Cd*	0,0152±0,014	0,0132...0,0193	0,0028	18,34
Cr	0,0049±0,0016	0,017...0,0092	0,0031	64,04
Cu	0,0032±0,0003	0,0025...0,0040	0,0007	21,19
Zn	0,0125±0,0079	0,0040...0,0360	0,0157	126,15

Примечание: $\bar{X} \pm S\bar{x}$ – среднее ± ошибка среднего, σ – стандартное отклонение, *lim* – размах лимитов, C_v – коэффициент вариации. Cd* – мкг/дм³.

Величина рН является важным показателем эколого-геохимического состояния вод, от которого, в частности, зависит развитие и жизнедеятельность водных организмов, устойчивость форм миграции химических элементов и соединений, и степень неравновесности вод относительно подстилающих пород и речных наносов. Проведённый химический анализ позволил установить, что прибрежные воды оз. Алаколь, используемые в рекреационных целях, по величине рН относятся к щелочным, при коэффициенте вариации 0,19 %. Среднее значение рН составило 8,9. Вода солоноватая или горько-соленая, очень жесткая (25,6...27,7 мг-экв/дм³).

По классификации О.А. Алекина [3], вода в озере по преобладающему аниону относится к классу хлоридно-сульфатных, а по преобладающему катиону – к группе натриевых вод.

Для наглядного выражения данных химического состава исследуемой питьевой воды (акватория оз. Алаколь) составлена формула Курлова [10], в числителе которой слева направо записаны анионы в порядке убывания, а в знаменателе – катионы:

$$M \ 8,04 \frac{15HCO_3 \ 33Cl \ 15SO_4}{78Na \ 22Mg} \ pH \ 8,9 .$$

Полученные данные по макрокомпонентному составу воды показали превышение ПДК по содержанию сульфатов 28,50 ПДК, сумма ионов натрия и калия 12,60 ПДК, магния 8,02 ПДК, хлоридов 4,58 ПДК.

Последствия воздействия хозяйственной деятельности человека на озерную систему чаще всего характеризуются изменением химического состава озерной воды за определенные периоды. Так, в 70-80-е годы отмечалось увеличение содержания соединений тяжелых металлов и пестицидов в водной среде, зообентосе и рыбе – как результат интенсивного применения азотных удобрений и пестицидов с конца 60-х гг. до 1995 г. на прилегающих к озеру сельскохозяйственных угодьях [7].

Концентрация кадмия в водах рек, впадающих в оз. Алаколь в районе пос. Рыбачье, устойчиво превышает 2 ПДК, в р. Урджар – 40 ПДК, р. Катынсу – 4 ПДК. Кадмий обнаружен в водах и других рек (Емель, Тентек) региона. Основной приток этого элемента в водоемы идет вместе со стоком животноводческих ферм, особенно с водой, используемой для купания животных (для дезинфекции используются химикаты, в состав которых входит кадмий, например, гексахлоран) [2].

В акватории озера используемой в рекреационных целях требует особого внимания вопрос о влиянии маломерного моторного флота на санитарное состояние водоёма. При эксплуатации подвесных лодочных моторов в

окружающую среду поступает в среднем 10...20 % расходуемого в течении года топлива. За один час работы мотора в воду выделяется в среднем 142 мл горюче-смазочных материалов [1]. Поэтому актуальным является изучение концентрации продуктов сгорания топлива и нефтепродуктов в аквальных комплексах озера Алаколь, используемых в рекреационных целях.

Как показали исследования авторов (табл. 1), концентрация свинца в поверхностных водах оз. Алаколь варьирует от 0,0002...0,0019 мкг/дм³, в среднем составляя 0,0009 мкг/дм³; коэффициент вариации – 77,14 %. Содержание кадмия в водах озера варьирует от 0,0132 до 1,193 мкг/дм³, в среднем составляя 0,0152 мкг/дм³, коэффициент вариации – 18,34 %. Средняя концентрация хрома составила 0,00049±0,0031 мкг/дм³, коэффициент вариации – 64,04 %, размах варьирования – 0,0017...0,092. Среднее содержание меди в водах озера составило 0,0032±0,0003 мкг/дм³ при коэффициенте вариации 21,19 %, размах варьирования – 0,0025...0,0040. Средняя концентрация цинка составила 0,0125±0,0079 мкг/дм³, коэффициент вариации – 126,15 %, размах варьирования – 0,0040...0,0360. Анализ полученных данных по концентрации ТМ в акватории оз. Алаколь показал что, по свинцу, кадмию и хрому превышение ПДК не выявлено. Превышение ПДК обнаружено по меди – 3,2 ПДК, цинку – 1,25 ПДК.

Анализ содержания, распределения и превышения ТМ представляет определенный интерес. На основе такого анализа можно попытаться выявить особенности формирования уровней загрязнения в бассейне оз. Алаколь, а также сопоставить уровни загрязнения и классифицировать диапазон концентрации исследуемого элемента. Проанализированы данные по содержанию меди в водотоках северного побережья оз. Алаколь.

Согласно данным токсикологического анализа проведенного в Алаколь-Сасыккольской озерной системе в рамках проекта [5], в притоках р. Урджар не обнаружено превышения ПДК по меди, тогда как в дельте реки превышение составило 7,3 ПДК. Соответственно в р. Катынсу в точке отбора выше с. Маканчи отсутствует превышение по меди, во второй точке отбора в дельте р. Катынсу обнаружено превышение – 2,9 ПДК. В р. Емель, проба отобрана в районе гидростата р. Емель, из тяжелых металлов превышение ПДК выявлено по меди – 4,6 ПДК. Так же превышение ПДК выявлено по меди – до 10 ПДК в пробе, отобранной в акватории оз. Алаколь [5].

В сводном анализе состояния водной среды трех проектных территорий согласно результатам химико-аналитических исследований проб воды отобранных в 2008 г. среди проанализированных металлов по меди в 100 % проб выявлено превышение ПДК [14].

В информационном бюллетене о состоянии окружающей среды бассейна оз. Балкаш за 1 полугодие 2013 года приводятся данные по состоянию качества поверхностных вод бассейна оз. Балкаш и оз. Алаколь [9] (табл. 2). В Алаколь-Сасыккольском бассейне пробы отбирались в десяти точках, начиная с р. Тентек до р. Егинсу, а также в акваториях озер Алаколь, Сасыкколь, Жаланашколь. На оз. Алаколь пробы отбирались в акватории озера, близ пос. Акчи. Превышение обнаружено по меди 37,2 ПДК. В р. Катынсу пробы отбирались в районе автодорожного моста. Отмечается превышение по содержанию меди (1,9 ПДК). Пробы, отобранные у с. Урджар в одноименной реке показали превышение меди – 1,4 ПДК. В р. Егинсу пробы отбирались ниже водохранилища. Отмечено загрязнение воды медью (2,0 ПДК).

В информационном бюллетене о состоянии окружающей среды бассейна оз. Балкаш за 1 полугодие 2014 г. так же во всех отобранных пробах отмечаются превышения по содержанию меди. В р. Емель превышение меди – 4,9 ПДК, р. Катынсу – 3,3 ПДК, р. Урджар – 1,7 ПДК, в р. Егинсу – 1,6 ПДК [8].

Как видно из приведенных данных (табл. 2), во всех отобранных пробах водотоков северного побережья оз. Алаколь отмечается превышение содержания меди. В притоках основных впадающих рек и в пробах отобранных выше населенных пунктов концентрация меди во многих случаях не превышает ПДК. Поэтому превышения концентрации меди, по-видимому, не связано с взаимодействием воды с медьсодержащими горными породами в водораздельной части. Превышение ПДК по меди вероятно связано с миграционным потоком с водосборного бассейна оз. Алаколь. Причиной, возможно, является подверженность территорий водосбора антропогенному воздействию. В Урджарском районе, где протекают выше перечисленные реки, территория используется под посевные площади сельскохозяйственных культур. Как известно, медные удобрения используют на разных почвах под зерновые, кормовые и овощные культуры, сахарную свеклу, картофель, подсолнечник, однолетние и многолетние травы и т.д. Вероятно миграционный поток с сельскохозяйственных полей орошения обуславливает миграцию меди в конечную водохозяйственную систему, т.е. оз. Алаколь.

Анализ литературных источников на содержание и распределение цинка показал что, в пробах, отобранных на водосборной территории бассейна оз. Алаколь и самом озере превышения ПДК не обнаружено.

Состояние качества поверхностных вод Балкаш-Алакольского бассейна по экспедиционным данным [9] Таблица 2

Гидрохимический створ	Индекс загрязненности воды (ИЗВ) – характеристика качества воды			Содержание загрязняющих веществ превышающих ПДК		
	1 полугодие 2011 года	1 полугодие 2012 года	1 полугодие 2013 года	ингредиент	средняя концентрация, мг/дм ³	кратность превышения ПДК
<i>озеро Алаколь</i>						
река Емель						
гидропост Емель	2,73 (4 кл.) загрязненная	1,61 (3 кл.) умеренно загрязненная	1,07 (3 кл.) умеренно загрязненная	медь	0,00243	2,4
река Катунь						
автодорожный мост	1,8 (3 кл.) умеренно загрязненная	1,35 (3 кл.) умеренно загрязненная	0,85 (2 кл.) чистая	медь	0,00191	1,9
река Урджар						
ниже города Урджар	0,73 (2 кл.) чистая	1,33 (3 кл.) умеренно загрязненная	0,84 (2 кл.) чистая	медь	0,00145	1,4
река Егинсу						
ниже водохранилища	0,87 (2 кл.) чистая	1,2 (3 кл.) умеренно загрязненная	0,84 (2 кл.) чистая	медь	0,00198	2,0

Нашими исследованиями установлено превышение цинка – 1,25 ПДК. Вероятно, это связано с воздействием маломерного моторного флота с подвесными лодочными моторами и выхлопами двигателей автотранспорта, который в большом количестве сосредотачивается во время рекреационного сезона вдоль прибрежной полосы озера.

Автотранспорт и теплоэнергетика по объему поллютантов занимают одно из первых мест. Основными поллютантами являются оксиды углерода и азота, сернистый ангидрид, пыль, нефтепродукты, токсичные микроэлементы. У автотранспорта это Pb, Cd, Hg, Zn и др. [12].

Для получения более достоверных данных по концентрации цинка и других ТМ в водах рекреационных зон должны проводиться дополнительные мониторинговые исследования. В связи с этим необходим постоянный мониторинг качества воды, в локальных территориально рекреационных системах Кабанбай, Коктума, Акши.

Так же в прибрежных водах оз. Алаколь используемых в целях рекреации, были проведены исследования по определению концентрации биогенных и органических веществ. Из биогенных элементов превышение выявлено по фторидам – 1,64 ПДК, остальные биогенные элементы в пределах нормы. По органическим веществам в пробах, отобранных за 2013 г., нефтепродукты и фенолы не обнаружены. Во время летних экспедиционных исследованиях 2014 г. нами установлено, что концентрация фенолов в аквальных комплексах соответствует предельно допустимым значениям вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов – 0,001. Среднее содержание нефтепродуктов составляет 0,001 при ПДК нефтепродуктов – 0,005. По сравнению с данными полученными нами в 2013 г. наблюдается тенденция увеличения концентрации фторидов, в 2014 г. показатель составил 1,8 ПДК, а также обнаружением в составе воды фенолов и нефтепродуктов. Соответственно необходимы дополнительные мониторинговые наблюдения по содержанию биогенных элементов и органических веществ, также бактериологические исследования аквальных комплексов локальных рекреационных систем озера Алаколь.

Тяжелые металлы, поступающие в донные отложения в результате процессов сорбции и седиментации, не выводятся из биогеохимического цикла миграции: при изменении физико-химических условий, прежде всего окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных, а также вследствие жизнедеятельности бентоса тяжелые металлы могут возвращаться в водную массу.

Отбор проб донных отложений проводился с учетом расположения потенциальных источников загрязнения на водосборе и рельефа местности в акватории рекреационной зоны. Исследованиями установлено что, концен-

трация свинца в донных отложениях оз. Алаколь варьирует от 8,32 до 10,99 мг/кг в среднем составляя 9,30 мг/кг, коэффициент вариации – 15,81 %. Концентрация кадмия в донных отложениях озера варьирует от 0,05 до 0,07 мг/кг, в среднем составляя 0,06 мг/кг, коэффициент вариации – 13,75 %. Полученные данные по среднему содержанию ТМ в донных отложениях показали что, по свинцу и кадмию превышение ПДК не выявлено.

Выводы:

1. Дана экологическая оценка аквальных комплексов оз. Алаколь используемых в целях рекреации, обнаружено превышение по тяжелым металлам и биогенным элементам.
2. В аквальных комплексах используемых в целях рекреации из числа ТМ обнаружено превышение ПДК по меди и цинку.
3. Из биогенных элементов, превышение ПДК выявлено по фторидам – 1,64 ПДК. Для органических веществ содержание фенолов соответствует ПДК вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов.
4. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях аквальных комплексов в пределах нормы.
5. Необходим мониторинг качества озерной воды в летний период в локальных территориально рекреационных системах Кабанбай, Коктума, Акши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авилова В.А., Кукушкин В.А., Ролле Н.Н. Учет влияния рекреации на водную систему / Комплексные проблемы охраны окружающей среды регионов. – Л.: 1984. – С. 162-164.
2. Актымбаева А.С. Гидроэкология Алакольской группы озер // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №2. – С. 161-167.
3. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.
4. Амиргалиев Н.А., Лопарева Т.Я., Гоголь Л.А., Канагатова Ш.К. Гидрохимический режим озер Алакольской впадины // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №4. – С. 102-114
5. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер) / Под ред. д.т.н. Бурлибаева М.Ж. – Астана: «Типография Комплекс», 2007. – 254 с.
6. Достай Ж.Д., Толганбаева С.А. Оценка гидроэкологического состояния водоемов Алакольской впадины // Биологическое и ландшафтное разнообразие Республики Казахстан. – Алматы, 1997. – С. 118-119.

7. Заповедники Средней Азии и Казахстана. / Охраняемые природные территории Средней Азии и Казахстана // Под общей редакцией Яценко Р.В. – Алматы: «Тетис», 2006. – 352 с.
8. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды бассейна озера Балкаш за 1-ое полугодие 2014 г., Департамент экологического мониторинга, РГП «Казгидромет» Алматы, 2014.-20 с.
9. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды бассейна озера Балкаш за 1-ое полугодие 2013 г., Департамент экологического мониторинга, РГП «Казгидромет» – Алматы: 2013. – 16 с.
10. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. – М.: Наука, 2004. – 671 с.
11. Курдин Р.Д., Шильниковская Л.С. Гидрохимический режим Алакольских озер // Алакольская впадина и ее озера / Вопросы географии Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1965. Вып. 12. С. 209-222.
12. Перельман А.И., Касимов Н.С.. Геохимия ландшафта.– М.: «Астрей-2000», 1999. – 610 с.
13. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
14. Сводный анализ состояния водной среды трех проектных территорий (Тенгиз-Коргалжынской, Алаколь-Сасыккольской систем озер и дельты реки Урал с прилегающим побережьем Каспийского моря). – Астана, 2009. – 61 с.
15. Чижова В.П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. – Смоленск: Ойкумена, 2011. – 176 с.

Поступила 18.12.2014

Геогр. ғылымд. докторы К.М. Джаналеева
 Ж.Т. Мукаев

АЛАКӨЛДІҢ РЕКРАЦИЯЛЫҚ СУТҰТЫНУЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАСЫ

Рекреациялық мақсатта қолданылатын Алакөл көлі аквалдық кешендерінің гидрохимиялық құрамы зерттелді. Макрокомпоненттік құрамы, ауыр металдар концентрациясы органикалық заттар мен биогендік элементтер мөлшері анықталды. Моторлы қайықтар мен көліктердің Алакөл көлі аквалдық кешендеріне әсері қарастырылған. Аквалды кешендерде мыс пен мырыш мөлшері шектеулі мөлшер көрсеткішінен артықтығы анықталды. Рекреациялық мақсатта пайдаланатын аквалдық кешендерінің тұңбаларындағы ауыр металдар мөлшері анықталған.