

# ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «КӨЛСÁЙ КӨЛДЕРÍ» (КУНГЕЙ АЛАТАУ, ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

Е. Г. Крупа<sup>1</sup>, С. М. Романова<sup>2</sup>, А. К. Иментай<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт зоологии Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан;  
e-mail: elena\_krupa@mail.ru, aiman.imen789@gmail.com

<sup>2</sup>Казахский Национальный Университет имени аль Фараби Комитета науки  
Министерства образования и науки Республики Казахстан;  
e-mail: sofya.romanova@kaznu.kz

Поступила в редакцию 21.01.2016

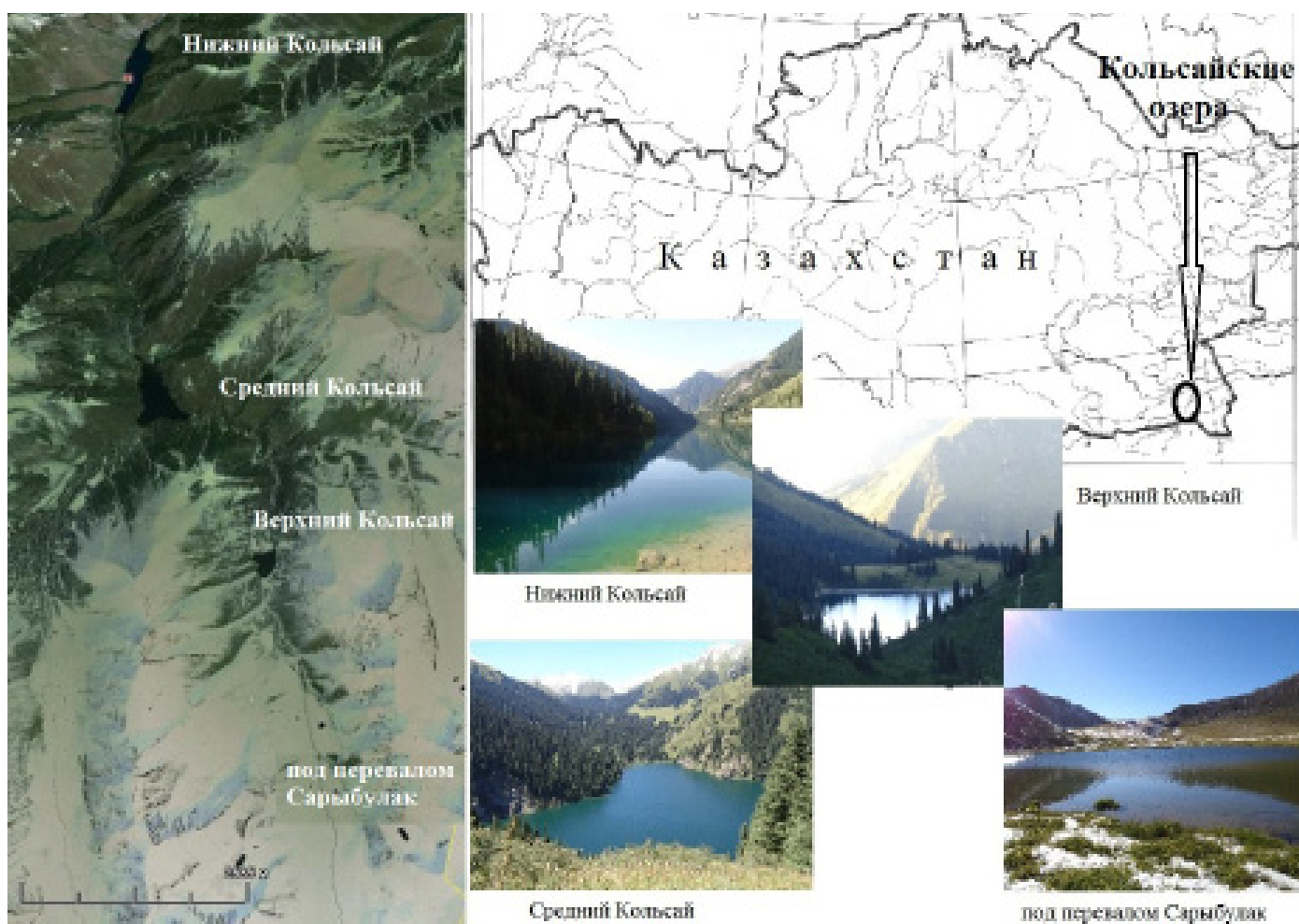
В августе 2015 г. обследованы четыре ультрапресных горных озера, расположенных на территории Кольсайского национального природного парка на высоте 1829–3170 м. над у.м. Минерализация воды в озерах снижалась при понижении высоты над у.м. от 123.9 до 26.6 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание растворенного органического вещества и соединений азота находилось на уровне, ниже установленных предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК<sub>вр</sub>). Фосфор в воде не обнаружен. Содержание железа в воде достигало 44.0–440.0 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде всех тяжелых металлов, за исключением меди, на один-два порядка было ниже ПДК<sub>вр</sub>. Содержание меди в воде превышало допустимые нормы в 2.6–5.5 раз. Содержание в воде свинца, меди, цинка, никеля и хрома снижалось от Нижнего к Верхнему Кольсаю. В самом высокогорном и наиболее мелководном озере под перевалом Сарыбулак концентрации свинца, меди, цинка и никеля в воде были выше, чем в нижерасположенных озерах. Анализ литературных данных показал, что в других высокогорных водоемах Юго-Восточного Казахстана содержание цинка, кадмия, свинца, хрома, кобальта и никеля в воде не превышало 0.7 ПДК<sub>вр</sub>, а содержание меди достигало 1.5–13.9 ПДК<sub>вр</sub>. В горных озерах и водохранилищах концентрации металлов в воде снижались при понижении высоты над у.м., при аналогичной, но менее выраженной их пространственной динамике в горных реках. Фоновое содержание кадмия и цинка в горных водоемах Юго-Восточного Казахстана было сравнимо, а содержание меди, свинца и хрома повышено относительно концентраций этих металлов в незагрязненных водах горных систем Тянь-Шаня, Альп и Западных Саян. С учетом удаленности региона от источников антропогенного воздействия, для Юго-Восточного Казахстана в качестве фоновых можно рекомендовать следующие концентрации тяжелых металлов в воде: цинк – 0.0020–0.0061 мг/дм<sup>3</sup>, медь – 0.0052–0.0106, кадмий – 0.0002–0.0004, свинец – 0.0017–0.0029, хром – 0.0017–0.0028 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенный естественный уровень содержания меди в воде горных водоемов Юго-Восточного Казахстана следует учитывать при разработке региональных норм ПДК.

**Ключевые слова:** Юго-Восточный Казахстан, Кунгей Алатау, Кольсайские озера, минерализация, биогенные соединения, тяжелые металлы, предельно допустимые концентрации.

## Введение

Кольсайские озера расположены в горах Кунгей Алатау (Юго-Восточный Казахстан) (рис. 1) на территории Государственного национального природного парка «Көлсáй Көлдeрi», образованного в 2007 году. Три озера (Нижний, Средний и Верхний Кольсай) находятся в еловом поясе на высотах 1829–2642 м. над у.м. Река Кольсай, протекающая через эти озера, имеет протяженность 24 км и берет начало на северных и западных склонах Кунгей Алатау. Она относится к бассейну реки Шелек (правый приток р. Иле). Озера завального типа, с резким нарастанием глубин от берега. Площадь озер достигает 0.20–0.58 км<sup>2</sup>, максимальная глубина – 30.0–36.6 м, прозрач-

ность воды – 8.0–9.0 м. Четвёртое озеро без названия находится под перевалом Сарыбулак в субальпийском поясе на высоте 3170 м. Оно имеет площадь 0.02 км<sup>2</sup>, при глубине 2.5 м и прозрачности воды до дна. Питание осуществляется за счет родниковых вод и атмосферных осадков. Кольсайские озера являются излюбленным местом отдыха множества людей. Рекреационная нагрузка на эти уникальные водные экосистемы с каждым годом возрастает. До образования Национального природного парка на озерах был разрешен сетный лов рыбы, вследствие чего в придонных слоях воды Нижнего Кольсая скопилось большое количество рыболовных мелкочейистых сетей, зацепившихся за стволы елей, когда-то росших на дне ущелья. Наряду с понижением уровня воды,



**Рис. 1.** Карта-схема расположения Кольсайских озер.

**Fig. 1.** Map-layout of Kolsai Lakes.

происходящим в последние десятилетия, рыба, попадающая и погибающая в рыболовных сетях, может способствовать вторичному обогащению воды биогенными элементами и ускорению процессов эвтрофирования озера.

Озера не подвергаются токсическому загрязнению, находясь далеко не только от промышленных источников, но и вообще от каких-либо населенных пунктов. В силу труднодоступности, Кольсайские озера, как и другие горные озера Юго-Восточного Казахстана, остаются чрезвычайно плохо исследованными. Отрывочные сведения, касающиеся гидрохимического режима Кольсайских озер, приводятся в единственной публикации (Крупа, 2012). Между тем мониторинг экологического состояния этих уникальных водоемов представляется актуальным как в силу ежегодно возрастающей рекреационной нагрузки, так и для установления фоновых концентраций тяжелых металлов и связанной с этим проблемы разработки региональных норм ПДК.

В настоящее время для огромного пространства, включающего бывшие страны СНГ, в том числе и Казахстан, с резко различающимися природно-климатическими условиями, действуют единые

нормативы ПДК (Беспмятнов, Кротов, 1985), которые являются основой химического мониторинга. Неприемлемость такого подхода широко обсуждается в научных кругах (Левич и др., 2008; Chernova, Beketskaya, 2011). Необходимость разработки региональных норм ПДК обусловлена нахождением водоемов в различных биогеохимических провинциях, в связи с чем фоновый уровень содержания того или иного вещества в воде может различаться в сотни и даже тысячи раз (Волков и др., 1993). Организмы, населяющие любой водоем, адаптированы к естественному уровню содержания того или иного химического элемента. Он может быть выше или ниже действующих нормативов. Поэтому определение фоновых концентраций тяжелых металлов в воде водоемов Юго-Восточного Казахстана связано и с такой теоретической и прикладной проблемой как адаптация гидробионтов к тому или иному уровню токсического загрязнения водных экосистем и разработка методов контроля их экологического состояния.

### Материал и методы

Обследование четырех Кольсайских озер было проведено с 10 по 19 августа 2015 г. В по-

левых условиях с помощью портативных влаго- непроницаемых приборов марки Hanna HI 98129 измеряли величину рН, электропроводность и температуру поверхностного слоя воды. Прозрачность воды измеряли с помощью диска Секки. На каждом озере из поверхностного горизонта отобраны пробы воды для определения минерализации, общего химического состава, содержания биогенных элементов, органических веществ и тяжелых металлов. Каждая проба воды состояла из субпроб, отобранных как минимум в трех различных частях озера. Субпробы смешивались, и затем отбиралась одна интегрированная проба нужного объема.

Применялись общепринятые методики определения ионного состава воды, соединений азота, фосфора и других элементов (Руководство..., 1977; Фомин, 1995). В ходе анализа процент ошибок не превышал допустимых значений их погрешности. Все пробы воды анализировались минимум в трех-четырёхкратной повторности. Определение тяжелых металлов в воде выполняли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (СТ РК ИСО 17294-2-2006).

### Результаты

Озера холодноводные, с максимальной температурой воды 10.0–14.0°C, которая снижалась в высотном направлении. В озере под перевалом Сарыбулак температура воды была выше, чем в других озерах и достигала 12.0–15.0°C. Вода всех озер имела слабощелочную реакцию, при величине рН 8.20–8.60. По суммарному содержанию растворенных солей Кольсайские озера являлись ультрапресными (табл. 1). Минерализация воды в озерах снижалась с увеличением высоты над уровнем моря. По классификации О.А. Алекина (1970), вода относилась к карбонатному классу группы кальция, второго типа, очень мягкая.

Величина перманганатной окисляемости характеризовала небольшое количество легко-окисляющихся органических веществ в воде, при максимальной величине показателя в мелководном озере под перевалом Сарыбулак (табл. 2). Содержание биогенных элементов в воде всех озер находилось на низком уровне и не превышало ПДК<sub>вр</sub>. Количество нитритов в воде снижалось в высотном направлении, достигая минимальных значений в озере под перевалом Сарыбулак. Содержание нитратов в воде, за исключением последнего озера, варьировало в сравнительно небольших пределах. В озере под перевалом нитратов не обнаружено. Ионы аммония отсутствовали в воде Нижнего Кольсая, а в остальных озерах их концентрации изменялись в пределах от 0.150 до 0.220 мг/дм<sup>3</sup>. Фосфор в воде не обнаружен.

В воде всех озер в относительно больших количествах присутствовало общее железо (табл. 3). Его наиболее высокие концентрации, в 4.4 раза превышающие ПДК<sub>вр</sub>, зафиксированы в самом высокогорном и наименее минерализованном озере под перевалом Сарыбулак. В воде Нижнего и Среднего Кольсая содержание железа превышало установленные нормы в 1.4–1.6 раза. В условиях значительной удаленности от источников загрязнения, выявленные повышенные концентрации общего железа в Кольсайских озерах связаны с естественными процессами миграции и накопления этого металла. Концентрации в воде кремния и марганца не достигали предельно допустимых значений, за исключением Нижнего Кольсая с повышенным содержанием марганца.

Содержание в воде всех тяжелых металлов, за исключением меди, находилось на уровне, на один-два порядка ниже установленных предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения (табл. 4). Содержание меди в воде превышало допустимые нормы в 2.6–5.5 раз. При низких абсолютных величинах,

**Таблица 1.** Общая жесткость, ионный состав и минерализация воды Кольсайских озер, август 2015 г.

**Table 1.** Total water hardness, ionic composition and water mineralization of Kolsay Lakes, August 2015

Озеро	Общая жесткость, мг-экв./дм <sup>3</sup>	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	*Концентрация ионов, ммоль/дм <sup>3</sup> экв. /мг/дм <sup>3</sup>					
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
Нижний Кольсай	1.40	123.90	1.00	0.20	0.33	1.25	0.27	0.11
			20.04	2.43	8.25	76.27	13.00	3.91
Средний Кольсай	1.20	116.04	0.80	0.15	0.52	1.20	0.19	0.08
			16.03	1.82	13.00	73.22	9.13	2.84
Верхний Кольсай	1.10	102.19	0.85	0.10	0.35	1.05	0.18	0.07
			17.03	1.22	8.75	64.07	8.64	2.48
под перевалом Сарыбулак	0.25	26.62	0.15	0.05	0.16	0.20	0.09	0.07
			3.01	0.61	4.00	12.20	4.32	2.48

**Таблица 2.** Содержание легкоокисляющихся органических веществ и биогенных элементов в воде Кольсайских озер, август 2015 г.

**Table 2.** The concentration of easily oxidized organic substances and nutrients in Kolsay Lakes, August 2015

Озеро	Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	Содержание биогенных элементов, мг/дм <sup>3</sup>					
		нитриты	азот нитритный	нитраты	азот нитратный	ионы аммония	азот аммонийный
Нижний Кольсай	1.36	0.028	0.008	0.688	0.155	0	0
Средний Кольсай	1.20	0.030	0.009	0.344	0.078	0.200	0.156
Верхний Кольсай	1.20	0.020	0.006	0.516	0.117	0.150	0.117
под перевалом Сарыбулак	2.14	0.011	0.003	0	0	0.220	0.171
ПДК <sub>вр</sub> (по азоту)			0.02		9.0		0.390

**Таблица 3.** Содержание железа, кремния и марганца в воде Кольсайских озер, август 2015 г.

**Table 3.** The concentration of iron, silicon and manganese in the Kolsay Lakes, August 2015

Озеро	Железо, мкг/дм <sup>3</sup>	Кремний, мг/дм <sup>3</sup>	Марганец, мкг/дм <sup>3</sup>
Нижний Кольсай	140.0	4.2	16.5
Средний Кольсай	164.0	6.3	8.0
Верхний Кольсай,	44.0	4.4	8.0
под перевалом Сарыбулак	440.0	1.0	10.0
ПДК <sub>вр</sub>	100.0	10.0	10.0

**Таблица 4.** Содержание тяжелых металлов в воде Кольсайских озер, август 2015 г.

**Table 4.** Concentrations of heavy metals in the Kolsai Lakes, August 2015

Озеро	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>					
	свинец	медь	цинк	кадмий	никель	хром
Нижний Кольсай	0.00014	0.0038	0.0009	0.00045	0.0018	0.00080
Средний Кольсай	0.00009	0.0031	0.0010	0.0004	0.0017	0.00070
Верхний Кольсай	0.00010	0.0026	0.0002	0.0006	0.0014	0.00065
под перевалом Сарыбулак	0.00050	0.0055	0.0016	0.0004	0.0027	0.00050
ПДК <sub>вр</sub>	0.03000	0.0010	0.0100	0.0010	0.1000	0.05000

содержание в воде свинца, меди, цинка, никеля и хрома снижалось в высотном направлении – от Нижнего к Верхнему Кольсаю (рис. 2). В озере под перевалом Сарыбулак, наименее посещаемом туристами, содержание почти всех тяжелых металлов было выше, чем в нижерасположенных озерах.

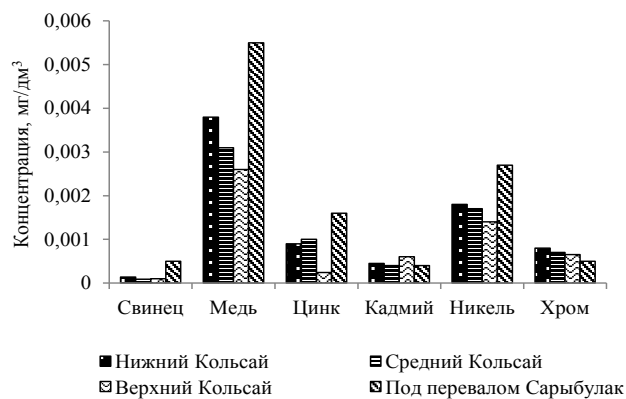
### Обсуждение

Горные Кольсайские озера являются ультрапресными, с мягкой слабощелочной водой карбонатного класса группы кальция. Суммарное содержание растворенных солей в озерных водах – 26.6–123.9 мг/дм<sup>3</sup> – сопоставимо с их количеством в атмосферных осадках. Минерализация последних в различных регионах Казахстана достигает 4–78 мг/дм<sup>3</sup> (Сыдыков, Дав-

летгалиева, 1989). Низкие величины минерализации воды с преобладанием гидрокарбонатных ионов и кальция характерны для горных водоемов юго-востока Казахстана, что обусловлено не только преимущественно снеговым и ледниковым питанием, но и широким распространением изверженных пород (Мун, Бектуров, 1971).

На протяжении последних десятилетий суммарное содержание растворенных солей в воде Кольсайских озер изменялось незначительно. В августе 2002 г. минерализация воды Нижнего Кольса была несколько выше – в среднем 133.0 мг/дм<sup>3</sup> (Крупа, 2012), относительно данных текущего года. В Среднем Кольсае суммарное содержание ионов в межгодовом аспекте осталось без изменений. В 2002 г. в воде Нижнего и Среднего Кольса содержание железа составило в среднем





**Рис. 2.** Содержание тяжелых металлов в воде Кольсайских озер, август 2015 г.

**Fig. 2.** Concentrations of heavy metals in the Kolsai Lakes, August 2015.

15.0–18.0 мкг/дм<sup>3</sup>, кремния – 0.14–0.36 мг/дм<sup>3</sup>, нитратов – 0.12–0.21 мг/дм<sup>3</sup>, нитритов – 0.023–0.007 мг/дм<sup>3</sup>. Обнаруживался в относительно больших количествах фосфор – в среднем 0.066–0.068 мг/дм<sup>3</sup>. В Нижнем Кольсае ионы аммония отсутствовали, в Среднем Кольсае их содержание достигало 1.07 мг/дм<sup>3</sup>. Таким образом, за прошедшие 13 лет содержание аммония и фосфора в озерах снизилось (рис. 3), несколько возросло количество нитритов и нитратов, а также содержание общего железа. Указанные изменения концентраций биогенных элементов в воде Кольсайских озер произошли на фоне изменения их уровня. По сравнению с 2000–2002 гг., в августе 2015 г. уровень оз. Нижний Кольсай понизился примерно на 0.4–0.5 м. Очень сильно понизился уровень озера Верхний Кольсай – примерно на 2.5–3.0 м. Причины изменения уровня озер связаны в первую очередь с многолетней динамикой увлажненности территории бассейна и сокращением объема речного стока, поступающего в озеро.

В 2015 г. Кольсайские озера характеризовались очень низким содержанием тяжелых металлов в воде, за исключением меди. Концентрация меди в воде всех озер в несколько раз превышала предельно допустимую, равную 0.001 мг/дм<sup>3</sup> (Гидрохимические показатели..., 2002). Наиболее высокими концентрациями меди характеризовалась вода высокогорного озера под перевалом Сарыбулак, питание которого осуществляется за счет атмосферных осадков и, очевидно, за счет грунтовых, более теплых вод. В нем же зарегистрировано более высокое содержание свинца, цинка и никеля относительно трех нижерасположенных озер. Описанная картина пространственного распределения тяжелых металлов может быть связана с тем, что в условиях мелководно-

сти, более высокой температуры и очень низкой минерализации воды озера под перевалом Сарыбулак, естественная диффузия ионов металлов из подстилающих пород происходит более интенсивно. Другим источником поступления металлов в озеро под перевалом могут быть грунтовые воды, как правило, более обогащенные химическими соединениями, чем поверхностные (Ахмедсафин, Сыдыков, 1970).

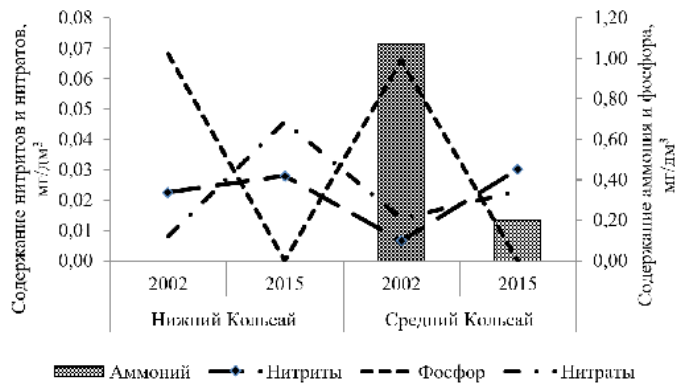
Аналогичные данные по содержанию тяжелых металлов в воде были получены и для некоторых других высокогорных водоемов Юго-Восточного Казахстана, находящихся вдали от источников загрязнения (Сливинский и др., 2010, 2013). Максимальное содержание цинка, кадмия, свинца, хрома, кобальта и никеля в воде этих водоемов находилось на уровне 0.7 ПДК<sub>вр</sub>, а содержание меди достигало 1.5–13.9 ПДК<sub>вр</sub>.

Анализ литературных и собственных данных показал, что в горных водоемах Юго-Восточного Казахстана концентрации металлов в воде снижались в высотном направлении (рис. 4). Резкое увеличение содержания в воде меди и хрома зафиксировано на высотной отметке 1069 м. н. у. м., свинца – на высоте 1780 м н. у. м.

В реках закономерности изменения содержания тяжелых металлов в воде в высотном направлении прослеживались менее отчетливо, хотя в целом содержание свинца и меди в воде возрастало на низележащих участках рек (рис. 5). Наиболее высокие концентрации меди и хрома зафиксированы в р. Текес на высоте 1986 м н. у. м. При незначительной амплитуде колебаний по исследованным точкам наиболее высокое содержание цинка обнаружено в воде высокогорного участка этой же реки (2356 м н. у. м.).

В горных реках среднее содержание в воде тяжелых металлов, за исключением кадмия, было выше, чем в воде озер и водохранилищ, при статистически значимых различиях средних значений (табл. 5). Это может быть связано с происходящими процессами самоочищения в условиях замедленного водообмена озер и водохранилищ (Турсунов, 2003; Романова, 2008; Достай и др., 2012). Озера и водохранилища, напротив, характеризовались несколько более высокими средними концентрациями кадмия относительно речных вод.

Повышение фонового содержания тяжелых металлов в воде горных водоемов в направлении от высокогорных к ниже расположенным участкам связано, очевидно, с их постепенным посту-



**Рис. 3.** Межгодовая динамика биогенных элементов в воде озер Нижний и Средний Кольсай.

**Fig. 3.** The interannual dynamics of nutrients in the Lower and Middle Kolsai Lakes.

плением из подстилающих горных пород. Аналогичный рост концентраций тяжелых металлов в подземных водах отмечен для Саяно-Алтайского региона (Shvartsev, 2008). Среднее содержание меди ( $0.00338 \text{ мг/дм}^3$ ), кадмия ( $0.00002 \text{ мг/дм}^3$ ), свинца ( $0.0018 \text{ мг/дм}^3$ ) и хрома ( $0.0023 \text{ мг/дм}^3$ ) в подземных водах Саяно-Алтайских гор при этом было сравнимо с полученными нами осредненными данными для горных озер и водохранилищ Юго-Восточного Казахстана. Среднее содержание цинка ( $0.0198 \text{ мг/дм}^3$ ) в подземных водах Саяно-Алтайских гор на порядок превышало количество этого металла в незагрязненных водах Юго-Восточного Казахстана.

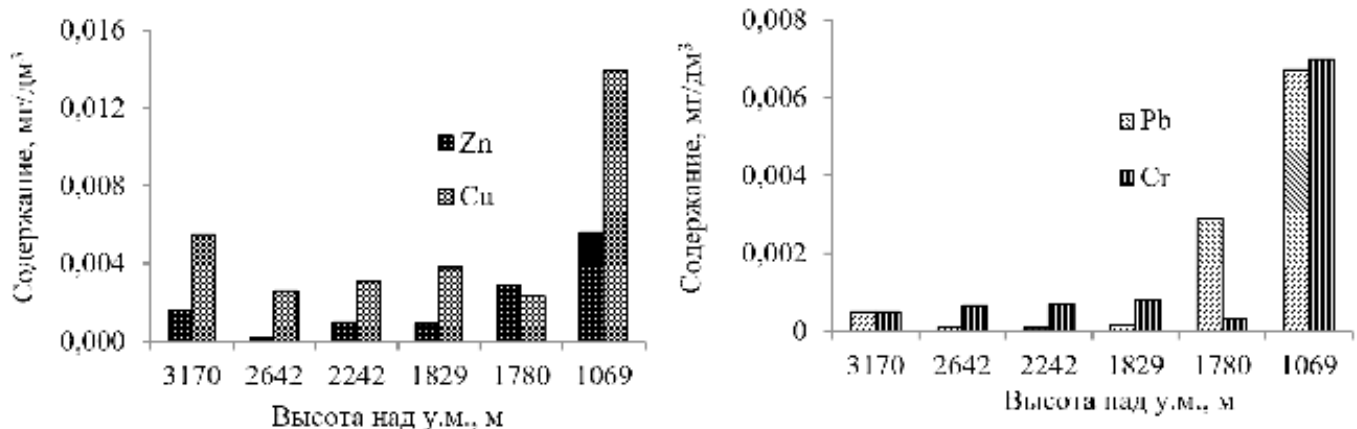
Анализ литературных данных (Tomimbeni, Rogoza, 2012; Anishchenko et al., 2015; Zhaoyong et al., 2015) показал, что фоновое содержание кадмия и цинка в горных водоемах Юго-Восточного Казахстана сравнимо, а содержание меди, свинца и хрома повышено относительно концентраций

этих металлов в незагрязненных водах горных систем Тянь-Шаня, Альп и Западных Саян (табл. 6).

С учетом удаленности горных водоемов от источников антропогенного воздействия, приводимые в таблице 5 данные по содержанию в воде тяжелых металлов можно считать фоновыми для Юго-Восточного Казахстана. Выявленное для всех горных водных экосистем превышение ПДК<sub>вр</sub> по меди может быть обусловлено повышенным естественным содержанием этого элемента в горных породах региона (Ломонович, 1963; Куншыгар, Романова, 2011).

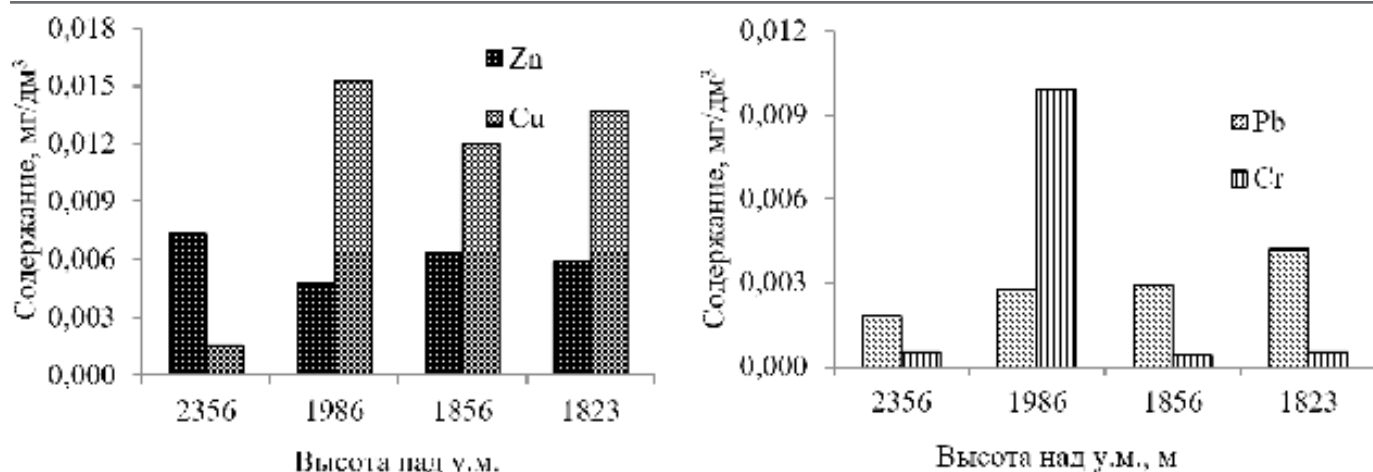
### Заклучение

Ультрапресные высокогорные озера Национального Природного парка «Көлсай Көлдери» расположены вдали от источников сельскохозяйственного и промышленного загрязнения. В августе 2015 г. содержание биогенных элементов в озерной воде находилось на уровне ниже ПДК<sub>вр</sub>. Количество легкоокисляющихся органических веществ и нитритов снижалось в высотном направлении, с минимальными значениями в озере под перевалом Сарыбулак. Содержание нитратов в воде варьировало в сравнительно небольших пределах. В озере под перевалом нитратов не обнаружено. Ионы аммония отсутствовали в воде Нижнего Кольсай, а в остальных озерах их концентрации изменялись в пределах  $0.150\text{--}0.220 \text{ мг/дм}^3$ . Фосфор в воде не обнаружен. За последние 13 лет на фоне понижения уровня воды содержание аммония и фосфора в воде озер снизилось, а концентрация нитритов, нитратов и общего железа возросла. Все озера характеризовались очень низким содержанием тяжелых металлов в воде, за исключением меди, концентрация кото-



**Рис. 4.** Изменение содержания тяжелых металлов в воде горных водоемов Юго-Восточного Казахстана в зависимости от высоты над у.м. (частично с использованием данных: Сливинский и др., 2010, 2013).

**Fig. 4.** The changes in concentration of heavy metals in the mountain reservoirs of the South-Eastern Kazakhstan depending on the height above sea level (partially using data: Slivinsky et al., 2010, 2013).



**Рис. 5.** Изменение содержания тяжелых металлов в воде горных рек Юго-Восточного Казахстана в зависимости от высоты над у.м. (с использованием данных: Сливинский и др., 2010, 2013).

**Fig. 5.** The changes in concentration of heavy metals in the mountain rivers of South-Eastern Kazakhstan depending on the height above sea level (partially using data: Slivinsky et al., 2010, 2013).

рой превышала предельно допустимую в 2.6–5.5 раз. Анализ литературных данных показал, что в других высокогорных водоемах Юго-Восточного Казахстана максимальное содержание цинка, кадмия, свинца, хрома, кобальта и никеля в воде не превышало 0.7 ПДК<sub>вр</sub>, а содержание меди достигало 1.5–13.9 ПДК<sub>вр</sub>. Фоновое содержание кадмия и цинка в горных водоемах Юго-Восточного Казахстана сравнимо, а содержание меди, свинца и хрома повышено относительно концентраций этих металлов в незагрязненных водах горных систем Тянь-Шаня, Альп и Западных Саян. С учетом удаленности горных водоемов от источников антропогенного воздействия, для Юго-Восточ-

ного Казахстана рекомендуется в качестве фоновых принять следующие концентрации тяжелых металлов: цинк – 0.0020–0.0061 мг/дм<sup>3</sup>, медь – 0.0052–0.0106, кадмий – 0.0002–0.0004, свинец – 0.0017–0.0029, хром – 0.0017–0.0028 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенный естественный уровень содержания меди в воде горных водоемов следует учитывать при разработке региональных норм ПДК.

Работа выполнена в рамках проекта Г.2015 Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан «Разработка методов контроля экологического состояния водоемов Казахстана».

**Таблица 5.** Средние концентрации тяжелых металлов в воде горных водоемов Юго-Восточного Казахстана

**Table 5.** The average concentrations of heavy metals in the mountain reservoirs of South-Eastern Kazakhstan

Тип водоема	Содержание тяжелых металлов, мг/дм <sup>3</sup>				
	Zn	Cu	Cd	Pb	Cr
Озера и водохранилища	0.0020±0.0008	0.0052±0.0018	0.0004±0.00005	0.0017±0.0011	0.0017±0.0011
Реки	0.0061±0.0005	0.0106±0.0031	0.0002±0.00002	0.0029±0.0005	0.0028±0.0024

**Таблица 6.** Содержание тяжелых металлов в воде горных водоемов Западной Сибири, Тянь-Шаня и Центральных Альп

**Table 6.** The concentration of heavy metals in mountain lakes water of Western Siberia, Tianshan and the Central Alps

Регион	Высота над у.м., м	Содержание тяжелых металлов, мг/дм <sup>3</sup>					Автор
		Zn	Cu	Cd	Pb	Cr	
Западные Саяны	1418–1511	<0.0066	<0.00100	<0.00020	<0.0003	<0.0001	Anishchenko et al., 2015
Тянь-Шань (Китай)	2500	<0.0009	<0.00040	<0.00005	<0.0005	<0.0005	Zhaoyong et al., 2015
Центральные Альпы	1895–2450	<0.0070	<0.00007	<0.0008	нет данных	<0.0001	Tornimbeni, Rogora, 2012



## Литература

Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.

Ахмедсафин У.М., Сыдыков Х.С. Формирование подземного стока на территории Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1970. 147 с.

Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985. 528 с.

Волков И.В., Заличева И.Н., Ганина В.С., Ильмаст Т.Б., Каймима Н.В., Мовчан Г.В., Шустова Н.К. О принципах регламентирования антропогенной нагрузки на водные экосистемы // *Водные ресурсы*. 1993. Т. 20. № 6. С. 457–462.

Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Социально-экологический Союз, 2002. 148 с.

Достай Ж.Д., Романова С.М., Турсунов Э.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Качество поверхностных вод Казахстана и вопросы международного вододелия. Алматы: Институт географии МОН РК, 2012. Т. VII. Кн. 3. 216 с.

Крупа Е.Г. Зоопланктон лимнических и лотических экосистем Казахстана: структура, закономерности формирования. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. 346 с.

Куншыгар Д.Ж., Романова С.М. Исследование процессов самоочищения природных вод Казахстана // *Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии*. Том 2. Барнаул: Институт водных и экологических проблем СО РАН, 2011. С. 231–237.

Левич А.П., Забурдаева Е.А., Булгаков Н.Г., Маскимов В.Н., Мамихин С.В. Лабораторные методы определения ПДК следует дополнить методами установления экологически допустимых нормативов вредных воздействий по данным экологического мониторинга // *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы*. Борок: Ярославский печатный двор, 2008. С. 92–107.

Ломонович И.И. Илийская долина, ее природа и ресурсы. Алма-Ата: АН КазССР, 1963. 341 с.

Мун А.И., Бектуров А.Б. Распределение микроэлементов в водоемах Казахстана. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1971. 290 с.

Романова С.М. Бессточные водоемы Казахстана. Том 1. Гидрохимический режим. Алматы: Қазақ университеті, 2008. 250 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.

Сливинский Г.Г., Крупа Е.Г., Лопатин О.Е., Мамилов Н.Ш., Приходько Д.Е. Эколого-токсикологическая характеристика и состояние водной фауны Токесского водохранилища // *Вестн. КазНУ, сер. эколог.*, 2010. № 1. С. 79–88.

Сливинский Г.Г., Крупа Е.Г., Мамилов Н.Ш., Ахметов Е.М. Экологическая обстановка и состояние гидрофауны рек Кеген и Шарын // *Тр. Чарынского Государственного национального природного парка*. Т. 1. Алматы: Каганат, 2013. С. 78–99.

Сыдыков Ж.С., Давлетгалиева К.М. Формирование химического состава подземных вод // *Гидрогеохимия Казахстана*. Алма-Ата: «Наука» КазССР, 1989. С. 115–132.

Турсунов А.А. От Арала до Лобнора. Гидроэкология бессточных бассейнов Центральной Азии. Алматы: Каганат, 2003. 382 с.

Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. М.: НПО «Альтернатива», 1995. 618 с.

Anishchenko O.V., Glushchenko L.A., Dubovskaya O.P., Zuev I.V., Ageev A.V., Ivanova E.A. Morphometry and Metal

Concentrations in Water and Bottom Sediments of Mountain Lakes in Ergaki Natural Park, Western Sayan Mountains // *Water Resources*. 2015. Vol. 42. No. 5. P. 670–682.

Chernova O.V., Beketskaya O.V. Permissible and Background Concentrations of Pollutants in Environmental Regulation (Heavy Metals and Other Chemical Elements) // *Eurasian Soil Science*. 2011. Vol. 44. No. 9. P. 1008–1017.

Shvartsev S.L. Geochemistry of Fresh Groundwater in the Main Landscape Zones of the Earth // *Geochemistry International*. 2008. Vol. 46. No. 13. P. 1285–1398.

Tornimbeni O., Rogora M. An Evaluation of Trace Metals in High-Altitude Lakes of the Central Alps // *Water Air Soil Pollut.* 2012. Vol. 223. P. 1895–1909. DOI 10.1007/s11270-011-0993-4

Zhaoyong Zh., Abuduwaili J., Fengqing J. Heavy metal contamination, sources, and pollution assessment of surface water in the Tianshan Mountains of China // *Environ. Monit. Assess.* 2015. Vol. 187. 33 p. DOI 10.1007/s10661-014-4191-x

## References

Ahmedsafin U.M., Sydykov H.S. 1970. Formation of the groundwater flow on the Kazakhstan. Alma-Ata: Science. 147 p. [In Russian].

Alekin O.A. 1970. Basics of hydrochemistry. L.: Gidrometeoizdat. 444 p. [In Russian].

Anishchenko O.V., Glushchenko L.A., Dubovskaya O.P., Zuev I.V., Ageev A.V., and Ivanova E.A. 2015. Morphometry and Metal Concentrations in Water and Bottom Sediments of Mountain Lakes in Ergaki Natural Park, Western Sayan Mountains. *Water Resources* 42(5): 670–682.

Bespamyatnov G.P., Krotov Y.A. 1985. Maximum allowable concentrations of chemicals in the environment. L.: Chemistry. 528 p. [In Russian].

Chernova O.V., Beketskaya O.V. 2011. Permissible and Background Concentrations of Pollutants in Environmental Regulation (Heavy Metals and Other Chemical Elements). *Eurasian Soil Science* 44 (9): 1008–1017.

Dostay J.D., Romanova S.M., Tursunov E.A. 2012. Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. Vol. VII. Resources streamflow of Kazakhstan. Book 3. Surface water quality in Kazakhstan and international issues of water allocation. Almaty: Institute of Geography. 216 p. [In Russian].

Fomin G.S. 1995. Water. Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards. Moscow: NGO «Alternative». 618 p. [In Russian].

Hydrochemical indicators of environmental / T.V. Guseva (Ed.). M.: Socio-Ecological Union, 2002. 148 p. [In Russian].

Krupa E.G. 2012. Zooplankton of lotic and limnetic ecosystems of Kazakhstan: structure, regularities in the formation. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 346 p. [In Russian].

Kunshygar D.Zh., Romanova S.M. 2011. Investigation of the processes of self-purification of natural waters in Kazakhstan. Water and environmental problems in Siberia and Central Asia. Vol. 2. Barnaul: Institute for Water and Environmental Problems. P. 231–237. [In Russian].

Levich A.P., Zaburdaeva E.A., Bulgakov N.G., Maskimov V.N., Mamihin S.V. 2008. Laboratory methods for determining the Maximum allowable concentrations should be supplemented by means of establishing an environmentally acceptable standards according to the harmful effects of environmental monitoring. Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems. Borok: Yaroslavl Printing House. P. 92–107. [In Russian].

Lomonovich I.I. 1963. The Ili Valley, its nature and resources. Almaty: Kazakh SSR. 341 p. [In Russian].

Guidelines for chemical analysis of surface water / A.D. Semenova (Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 541 p. [In Russian].



- Moon A.I., Bekturov A.B. 1971. Distribution of trace elements in the Kazakhstan water bodies. Alma-Ata: «Science» Kazakh SSR. 290 p. [In Russian].
- Romanova S.M. 2008. Enclosed ponds of Kazakhstan. Vol.1. Hydrochemical regime. Almaty: Kazakh. Universities. 250 p. [In Russian].
- Slivinsky G.G., Krupa E.G., Lopatin O.E., Mamilov N.S., Prikhodko D.E. 2010. Ecological and toxicological characteristics and the aquatic fauna of the Tekes Reservoir. *Bulletin of the Kazakh National University. Series of environmental* 1: 79–88. [In Russian].
- Slivinsky G.G., Krupa E.G., Mamilov N.S., Akhmetov E.M. 2013. The environmental situation and the hydrofauna of the Kegen and Sharyn Rivers. Proceedings of Charyn State National Natural Park. Vol.1. Almaty: Kaganat. Pp.78–99. [In Russian].
- Shvartsev S.L. 2008. Geochemistry of Fresh Groundwater in the Main Landscape Zones of the Earth. *Geochemistry International*. 46(13): 1285–1398.
- Sydykov J.S., Davletgalieva K.M. 1989. Formation of the chemical composition of groundwater. Hydrogeochemistry of Kazakhstan. Alma-Ata: «Science» Kazakh SSR. P. 115–132. [In Russian].
- Tursunov A.A. 2003. From the Aral Sea to the Lobnor. Hydroecology drainage basins of Central Asia. Almaty: Kaganat. 382 p. [In Russian].
- Tornimbeni O., Rogora M. 2012. An Evaluation of Trace Metals in High-Altitude Lakes of the Central Alps. *Water Air Soil Pollut.* 223: 1895–1909. DOI 10.1007/s11270-011-0993-4
- Volkov I.V., Zalicheva I.N., Ganina V.S., Ilmast T.B., Kaymima N.V., Movchan G.V., Shustova N.K. 1993. On the principles of the regulation of anthropogenic load on water ecosystems. *Water Resources* 20 (6): 457–462. [In Russian].
- Zhaoyong Zh., Abuduwaili J., Fengqing J. 2015. Heavy metal contamination, sources, and pollution assessment of surface water in the Tianshan Mountains of China. *Environ. Monit. Assess.* 187: 33. DOI 10.1007/s10661-014-4191-x

## HYDROCHEMICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERISTICS OF STATE NATIONAL NATURE PARK “KOLSAY KOLDERI” LAKES (KUNGEI ALATAU, SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN)

E.G. Krupa<sup>1</sup>, S.M. Romanova<sup>2</sup>, A.K. Imentai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RSE “Institute of Zoology” CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

e-mail: elena\_krupa@mail.ru

<sup>2</sup>Kazakh National University named after al-Farabi CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

e-mail: sofya.romanova@kaznu.kz

In August 2015 four ultrafresh mountain lakes of Kolsay National Nature Park, located at an altitude of 1829–3170 m a.s.l., were examined. The water mineralization of the lakes decreased from 123.9 to 26.6 mg/dm<sup>3</sup> with decreasing altitude above sea level. The concentration of dissolved organic matter and nitrogen compounds was at levels below the temporary maximum allowable concentration (MAC). Phosphorus has not been found in the water. The concentration of iron in the water has reached 44.0–440.0 g/dm<sup>3</sup>. The concentration of heavy metals in the water, except copper, was 10–100 times lower than the maximum allowable concentrations for standards of fishery waterbodies. The concentration of copper in water exceeded the permissible limits 2.6–5.5 times. The concentration of lead, copper, zinc, nickel and chromium in water has decreased from Lower Kolsay to Upper Kolsay. The most highland and shallow lake, which located under the Sarybulak mountain pass, had a higher concentration of lead, copper, zinc and nickel in the water than in the downstream lakes. The concentration of zinc, cadmium, lead, chromium, cobalt and nickel in the water of the other high mountain reservoirs of South-Eastern Kazakhstan has not exceeded 0.7 of MAC temporary. The concentration of copper has reached 1.5–13.9 of MAC temporary. In mountain lakes and reservoirs, the metal concentrations in the water decreased at lower altitudes, similar but less pronounce to their spatial dynamics in mountain rivers. Background concentration of cadmium and zinc in the mountain reservoirs of South-Eastern Kazakhstan was equivalent to the uncontaminated waters of the Tien Shan, the Alps and the Western Sayan mountain ranges. However, the concentration of copper, lead and chromium were higher respectively. Considering the remoteness of the region from the sources of anthropogenic influences, the background concentrations of heavy metals for water reservoirs of South-Eastern Kazakhstan are recommended as follows (mg/dm<sup>3</sup>): zinc – 0.0020–0.0061, copper – 0.0052–0.0106, cadmium – 0.0002–0.0004, lead – 0.0017–0.0029, chrome – 0.0017–0.0028. The elevated environmental level of copper in water of water sources should be considered during the development of regional standards of the MAC.

**Key words:** biogenic compounds, heavy metals, Kolsay Lakes, Kungei Alatau, maximum allowable concentration (MAC), mineralization, South-Eastern Kazakhstan.