

# МИКРОКОМПОНЕНТЫ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ПРИТЕЛЕЦКОГО РАЙОНА

А.М. Малолетко

Томский государственный университет, г. Томск

Изучение гидрохимического режима крупнейшего на Алтае пресноводного водоёма и его притоков имеет, несомненно, научный и практический интерес. Поэтому в 1972 г. Томским госуниверситетом были проведены всесторонние исследования химического состава вод Телецкого озера, его притоков, а также подземных вод. Определение ионного состава производилось непосредственно в поле с использованием лаборатории ПЛАВ-1 (аналитик Т.П. Шестакова), концентрирование тяжёлых элементов осуществлялось методом соосаждения (метод ТПИ), спектральный анализ концентратов выполнялся в лаборатории Томского политехнического института. Произведено картирование основных химических типов вод (рис. 1), состав вод Телецкого озера показан в табл. 1.

1. Химический состав озёрных вод, мг/л

Глуб., м	Анионы			Катионы			Общая минер.	Жёстк., мг/экв.
	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Mg	Ca	Na+K		
Створ Корбу, 10 августа 1973 г.								
0,5	10,7	–	48,8	2,0	10,0	9,2	80,7	0,7
100	10,7	–	122,0	2,0	11,0	35,6	181,3	0,8
200	7,1	–	158,5	3,0	11,0	46,0	225,6	0,8
316	7,1	–	165,0	3,0	11,0	48,4	234,5	0,8

Всего за полевой период было получено 123 концентрата, в том числе из рек и ручьёв – 86 (73 пункта), подземных источников – 24 (7 пунктов), колодцев – 2 (2 пункта), озера – 9 (по двум вертикалям), дождевых вод – 2.

Свинец спектральным анализом был зафиксирован в 83 концентратах из 123. Максимальное содержание его отмечено в воде ручья, который впадает в озеро между р. Окпорок и пос. Яйлю – 5,03 мкг/л. Немного меньше (4,78 мкг/л) свинца в воде родника в низовье р. Чеченек (пос. Яйлю). Постоянно, но в меньшем количестве, свинец присутствует в водах ручьёв, стекающих с гранитного массива (южнее р. Бол. Чили). По восточному берегу свинец определён в водах притоков к северу от руч. Саратовки. Реки, впадающие в широтный отрезок озера с севера (Ойрок, Ойер, Куйдан, Кумзир, Кобухта), содержат в своих водах мало свинца, обычно менее 1 мкг/л, во многих концентратах свинец не установлен. Но на противоположном берегу озера в речных водах содержание свинца возрастает: Мал. Эстюбэ – 2,06, Ыдып и Бол. Эстюбэ – по 1,96 мкг/л.

К югу от речки Саратовки и до устья Чулышмана восточное и южное побережья почти не поставляют свинец в открытые водоёмы. Почти нет свинца в источнике Нижние Саратовки. Свинец отсутствует в водах р. Кемелик: по 11 анализам лишь одна проба содержит следы свинца. Нет свинца и в водах р. Барчик (пос. Беле), хотя другие металлы определены в водах этого ручья в высоких содержаниях. Лишь следы свинца установлены в водах речки Карасу (около Беле), в водах родника близ конуса р. Чири. В ручье между рр. Тула и Кыга свинец не обнаружен. Такое «белое» пятно на свинцовом фоне, несомненно, не случайно и отражает здесь особый металлогенический район. Этот вывод представляет практический интерес.

В водах озера содержание свинца (мкг/л) закономерно увеличивается с глубиной. Причём по вертикали Корбу это увеличение происходит скачкообразно на глубине более 200 м. По вертикали Кырсай такой скачок выражен менее чётко (табл. 2).

Медь обнаружена во всех 123 концентратах. Максимальное содержание (6,59 мкг/л) определено в одной пробе воды из руч. Кемелик. По режимным наблюдениям в июле и в августе как будто бы выявляется закономерное увеличение содержания меди с 0,46 до 6,59 мкг/л.

Речка Саратовки также выносит медь. Во всех восьми

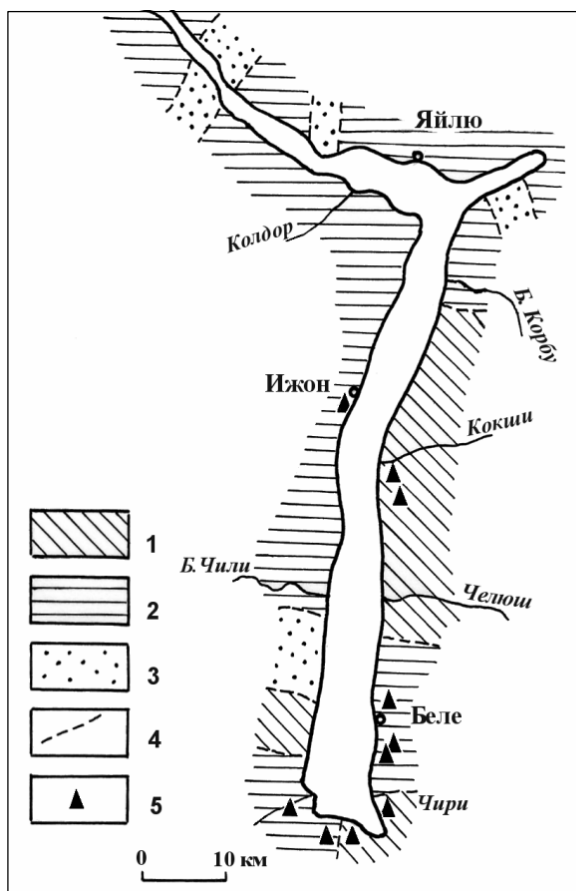


Рис. 1. Гидрохимическая карта окрестностей Телецкого озера.

Преобладающие ионы: 1 – гидрокарбоната и натрия, 2 – гидрокарбоната и кальция, 3 – хлора и натрия; 4 – границы гидрохимических зон; 5 – присутствие сульфат-иона.

## 2. Содержания свинца в водах озера

Вертикаль Корбу		Вертикаль Кырсай	
глубина, м	содержание, мкг/л	глубина, м	содержание, мкг/л
0,5	0,23	0,5	0,26
100	0,57	15	0,29
200	0,56	65	0,38
316	2,92	115	1,19
		165	1,26

пробах зафиксирована медь в количестве от 0,38 до 2,39 мкг/л. Воды источников Нижние Саратки и Верхние Саратки содержат медь в количестве до 3,11 мкг/л. Повышенное содержание меди отмечается в водах ручьёв Барчик (3,03 мкг/л) и Карасу (6,06 мкг/л). В других местах четких аномалий на медь не обнаружено.

Какая-либо определённая закономерность в распределении меди по глубинам озёрных вод, как это было установлено для свинца, отсутствует. По вертикали Кырсай максимальное содержание приурочено к средней части водной массы, в разрезе Корбу – к глубине 100 м.

## 3. Содержания меди в водах озера

Вертикаль Корбу		Вертикаль Кырсай	
глубина, м	содержание, мкг/л	глубина, м	содержание, мкг/л
0,5	0,68	0,5	0,79
100	1,43	15	0,88
200	0,56	65	1,89
316	0,92	115	2,97
		165	0,76

*Цинк* из 123 проб отмечен в 114. В двух пробах он не обнаружен, в семи его не удалось расшифровать, поскольку в спектрах его перекрывают линии кальция. Воды насыщены цинком в большей степени, чем медью. Максимальное содержание цинка – 111 мкг/л – отмечено в водах ручья, впадающего справа в Чулышман у кордона Атушта. На побережье озера максимальное содержание цинка в природных водах локализуется примерно в районе мыса Куан от р. Колдор до р. Чедор (мкг/л): р. Колдор – 102, руч. Ыдып – 48,5, ручей у мыса Куан – 77,6, ручей – 66,1, руч. Чиик – 41,37, ручей – 60,3, р. Чедор – 15,08. На противоположном берегу озера (побережье залива Камгинского) аномалия на цинк образует единый (с мысом Куан) гидрогеохимический район, разорванный впадиной. Здесь цинк отмечен в таких количествах (мкг/л): Бол. Корбу – 75,86, ручей – 93,1, Киште – 12,96, Аткечу – 10,1, Турачак – 50,3, Мал. Мионок – 75,6, ручей (между пос. Яйлю и р. Окпорок) – 50,3. Минимальное содержание (2–6 мкг/л) цинка отмечено по юго-восточному берегу озера, южнее р. Саратки. По ручью Кемелик и р. Тула цинк в пробах не зафиксирован. В водах озера цинк распределяется следующим образом (мкг/л): *вертикаль Корбу* гл. 0,5 м – 15,96; гл. 100 м – 19,74; гл. 200 м – 1,76; гл. 316 м – 29,2; *вертикаль Кырсай* гл. 0,5 м – 18,41; гл. 15 м – 2,92; гл. 65 м – 18,85; 115 м – 29,65; гл. 165 м – 17,64. Для цинка намечается чёткая пространственная связь со свинцом и явный антагонизм с медью. Несомненно, это можно объяснить только спецификой минерализации и определёнными парагенетическими связями.

*Серебро* определено в 75 пробах. Максимальное содержание – 0,66 мкг/л – установлено в водах р. Кыги. Из более мелких притоков озера максимум серебра отмечается в водах рек и ручьёв, располагающихся в пределах описанного выше «цинкового» района: мыс Куан – Камгинский залив. Причём, как правило, пробы, содержащие повышенное количество цинка, характеризуются и повышенным содержанием серебра. По-видимому, полиметаллический парагенетический комплекс здесь относится к цинково-свинцово-серебряному типу.

*Никель* обнаружен в 62 пробах из 123. Максимальные содержания его отмечены в водах руч. Барчик (в пос. Беле) – 7,07 и руч. Кемелик – 13,19 мкг/л. Довольно высокое содержание никеля зафиксировано в водах руч. Саратки (4,77–5,58 мкг/л). Таким образом, локализация проб с высоким содержанием никеля вполне определённа (к югу от руч. Саратки); она совмещается с ареалом меди. Пробы с невысоким содержанием никеля (от 1 до 1,5 мкг/л) отмечены также в пределах цинково-свинцово-серебряного гидрогеохимического района (район мыса Куан – залив Камгинский): р. Колдор – 1,02, ручей – 1,55, ручей – 1,36, р. Чедор – 1,51, р. Аткечу – 1 мкг/л. Не содержат никель или содержат в ничтожных количествах (сл. – 0,1 мкг/л) воды ручьёв, стекающих с гранитного массива (к югу от р. Бол.

## 4. Содержания цинка и серебра в водах озера

Водо токи	Содержание, мкг/л	
	цинка	серебра
Мал. Корбу	57,4	0,41
Ручей	93,1	0,40
Мал. Мионок	75,6	0,51
Ручей	50,3	0,30
Ручей	68,0	0,41
Чиик	41,37	0,36

Чири). В водах озера никель установлен в количествах 0,58 мкг/л (разрез Корбу, гл. 316 м). К поверхности озера содержание никеля заметно уменьшается (до 0,25 мкг/л; вертикаль Кырсай) или отсутствует (вертикаль Корбу).

*Кобальт* встречен в 22-х пробах, из которых 17 падает на водотоки Саратовки, Барчик, Кемелик и Карасу (у пос.Беле). В этих же пробах кобальт присутствует в максимальных количествах: Барчик – 3,03, Карасу – 0,86, Кемелик – до 3,96, Саратовки – до 2,39 мкг/л. В остальных пробах кобальт присутствует в виде следов, но в одной пробе (р. Куйдан у турбазы «Золотое озеро») содержание этого элемента составляет 0,49 мкг/л. Таким образом, пространственно кобальтовая гидрогеохимическая аномалия строго накладывается на медно-никелевый гидрогеохимический район. Это заключение представляет практический интерес и требует проверки в полевых условиях.

*Хром* определён в 61 пробе. Подобно никелю и кобальту, хром встречается в основном в водах, стекающих с восточного склона впадины между р. Саратовки и Кыгинским заливом. Здесь же отмечены и максимальные содержания этого металла (мкг/л): Саратовки – 1,94, Барчик – 10,10, Кемелик – 13,19. Обычное же содержание хрома в пробах из этих водотоков составляет 2–4 мкг/л. Во всех остальных водотоках хром присутствует спорадически в количествах менее 1 мкг/л. Относительно повышенные содержания хрома отмечены в пробах: ручей у мыса Куан – 2,72, р. Чедор – 1,51 мкг/л.

*Титан* присутствует во всех пробах, но его содержание колеблется в больших пределах – от следов (р. Ыдып) до 46,3 мкг/л (ручей Кемелик). Максимальные содержания титана отмечены в водах, стекающих с озёрного склона озёрной впадины между рр. Саратовки и Кемелик, т. е. пространственно пробы с титаном тяготеют к ореолам рассеяния меди, никеля, кобальта и хрома. В воде р. Саратовки (Чечене) титан содержится в количестве от 4,5 до 19 мкг/л. Интересно отметить, что в водах источника Ниж. Саратовки содержание титана низкое. Оно лишь в четырёх случаях превысило 1 мкг/л, в остальных же шести случаях составляло 0,41–0,50 мкг/л. Это свидетельствует о том, что область питания источника Ниж. Саратовки геохимически не идентична области питания ручья Саратовки. В воде руч. Барчик (пос. Беле) титана 30,3 мкг/л. Однако в руч. Карасу по единственному определению содержание титана уменьшается до 2,6 мкг/л. Интересно отметить относительно высокое содержание титана в водах источника Чулышманский аржан – Атушта (7,12 мкг/л) и в ручье по левому склону долины Чулышмана между мысом Кырсай и р. Ачелман – 9,62 мкг/л. В водах озера титан содержится в количестве от 0,5 до 2,5 мкг/л, что, очевидно, отвечает фоновому содержанию этого элемента для данного района.

*Марганец* определён во всех пробах. Однако в локализации проб с максимальным содержанием этого металла имеется определённая закономерность: все они ложатся на гидрохимический район к югу от р. Саратовки. В этом районе отмечены содержания марганца до 79,7 мкг/л при обычных 25–30 до 50 мкг/л. Как и титан, марганец в водах источника Ниж. Саратовки содержится в меньшем количестве (0,6–2,5 мкг/л), чем в ручье. В ручье Кемелик максимальное содержание марганца составляет 83 мкг/л при обычных содержаниях 20–30 до 64 мкг/л. Лишь в одной пробе,

#### 5. Содержание марганца в водах озера

Вертикаль Корбу		Вертикаль Кырсай	
глубина, м	содержание, мкг/л	глубина, м	содержание, мкг/л
0,5	2,28	0,5	13,5
100	2,87	15	2,04
200	5,88	65	3,77
316	2,92	115	4,15
		165	5,04

отобранной после дождя, содержание марганца сократилось до 3,23 мкг/л. Низкими концентрациями марганца характеризуются воды, тяготеющие к гранитному массиву в юго-западной части озера (2–12 мкг/л). По отдельным притокам широтной части озера и в районе мыса Куан в водах содержание марганца достигает 20 (р. Колдор), 13,6 (р. Мал. Кобухта), 49 (р. Куйдан) и 10 мкг/л (р. Аткечу). Однако нужно иметь в виду, что, как показали

режимные наблюдения на ручьях Кемелик и Саратовки и на источнике Чулышманский аржан, содержание марганца в водах значительно колеблется во времени. Поэтому единичные анализы ещё не могут дать общей оценки концентрации этого металла в водах. Содержание марганца в водах озера в общем невысокое. Грунтовые воды рыхлых отложений озёрных террас содержат небольшое количество марганца.

*Барий* определён в 84-х пробах. Отмечается постоянное и повышенное количество бария в водах руч. Саратовки – от 2 до 16 мкг/л. Однако в водах р. Кемелик барий обнаружен не во всех 11 пробах и в меньших количествах – не более 2,87 мкг/л. В минимальных количествах и не во всех пробах барий присутствует также в водах притоков озера севернее р. Саратовки. Однако и здесь в воде р. Дирбагач содержание бария достигает 4,16 мкг/л. На противоположном

берегу в ручьях (район мыса Куан) содержание бария составляет 4,66 и 4,09 мкг/л. Ручьи юго-западного побережья (южнее р. Бол. Чили) содержат в своих водах резко колеблющееся количество бария: от следов до 2,12 мкг/л. В некоторых пробах, взятых здесь же, барий отсутствует. Такая разорванность ореолов рас-

#### 6. Содержание металлов в водах озера

Интервал, м	Объём воды, км <sup>3</sup>	Содержание, т				
		Pb	Cu	Zn	Ti	Mn
0–100	19,0	4,75	14,25	326,8	5,75	146,49
100–200	14,0	10,26	23,24	261,8	0,50	34,50
200–300	6,3	5,80	4,16	61,11	9,25	32,04
300–325	0,7	2,04	2,04	19,74	1,02	2,04
Сумма	40,0	22,85	43,69	669,45	56,49	227,03

сеяния бария, по-видимому, отражает малые размеры геологических тел, поставляющих соли бария.

*Мышьяк* встречен только в руч. 14 (между реками Саратовки и Кокши) – 2,57 мкг/л, а также в пробе из р. Кумзир – 3,07 мкг/л.

*Сурьма* определена в четырёх пробах (мкг/л): Бол. Корбу - 3,29, Ойор - 3,08, Байгазан - 1,89, ручей около р. Кольадын - 3,52.

Анализ пространственного размещения проб с аномальными содержаниями позволяет чётко наметить два гидрогеохимических района:

1. цинково-свинцово-серебряный – район мыса Куан, побережье Камгинского залива;
2. титано-медно-никель-кобальт-хромовый – южная часть восточного берега озера между реками Саратовки и Карасу.

Первый, возможно, связан с жильными образованиями зон дробления, второй – с породами основного состава. В частности, микроскопическое изучение в прозрачных шлифах чёрных актинолитовых сланцев, из которых берёт начало руч. Карасу, показало, что они образованы за счёт метаморфизма и рассланцовки перидотитов – глубинной ультраосновной породы.

---