

УДК 911.5:551.588.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА ПРИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Т.М. Кудерина¹, С.Б. Сулова¹, Е.А. Грабенко²,
А.Е. Кухта¹, А.А. Медведев¹

¹ ФГБУН Институт географии Российской академии наук (ИГ РАН), Москва, Россия
kuderina@igras.ru, www.igras.ru

² Кавказский государственный природный биосферный заповедник им. Х.Г. Шапошникова (КГПБЗ), Сочи, Россия
grabenko@inbox.ru, www.kavkazzapoved.ru

Аннотация. Первичная экологическая оценка состояния озера Телецкого получена на основе геохимических и биоиндикационных характеристик качества озерных вод Алтайского заповедника и зоны сотрудничества. Установлено, что озерные воды находятся в стабильном состоянии, характеризуются незначительной пространственной изменчивостью химического состава и высоким значением индекса сапробности ($S=1,54$). По своему генезису данный водоем в прошлом относился к категории олиготрофных, однако в настоящее время фиксируется его принадлежность к β -мезосапробной зоне.

Ключевые слова. геохимия, концентрации химических элементов, поверхностные воды, биоценоз, биоиндикация, зоопланктон, Телецкое озеро.

THE ECOLOGICAL SITUATION OF TELETSKOE LAKE TO ENVIRONMENTAL CHANGES

T. Kuderina¹, S. Suslova¹, E. Grabenko², A. Kuhta¹, A. Medvedev¹

¹ Institute of geography, Russian Academy of Sciences (IG RAS), Moscow, Russia
kuderina@igras.ru, www.igras.ru

² Caucasian state nature biosphere reserve named H. G. Shaposhnikov (KGPBZ), Sochi, Russia
grabenko@inbox.ru, www.kavkazzapoved.ru

Abstract. The ecological assessment of Lake Teletskoye was obtained on the basis of geochemical and bioindication characteristics of lake waters in the Altai reserve and cooperation zone. The results showed that the lake waters are stable with low spatial variability of chemical composition and high value of saprobity index ($S=1.54$). The genesis of Lake Teletskoye were classified as oligotrophic in the past, but now it is β -mezosaprobic area.

Keywords: Geochemistry, chemical concentrations, surface water, biocenosis, bioindication, zooplankton, lake Teletskoye.

Для определения динамики геосистем при изменениях окружающей среды необходима оценка современного состояния природных и антропогенных ландшафтов. Особое значение приобретает мониторинг фоновых ландшафтов без значимого антропогенного влияния. Этим условиям в России удовлетворяют особо охраняемые природные территории (ООПТ).

В настоящее время все большее значение приобретает оценка возрастающего на природные, особенно водные, объекты антропогенного влияния, связанного с селитебной зоной, рекреационной нагрузкой и техногенным давлением. Телецкое озеро является самым крупным озером Алтая, обладает значительным запасом вод и в последние годы подвергается интенсивной рекреационной нагрузке. В связи с этим проблемы качества его природ-

ных вод, выявление источников загрязнения, обусловленных как региональным, так и трансграничным воздействием, выступают на передний план и являются наиболее актуальными.

В 2018 году в Алтайском государственном биосферном заповеднике экспедиция ИГ РАН (Москва) провела экологическую оценку состояния озера Телецкого с целью получения количественных и качественных гидрогеохимических параметров поверхностных вод озера, а также показателей состояния экологических группировок водоема. В задачи исследований входило определение основных геохимических и биоиндикационных характеристик качества поверхностных вод Телецкого озера.

Опробование вод проводилось единовременно 14.07.2018 г. по срединному профилю Телецкого озера в районе ключевых створов основных долин и селитебных зон. Погода на Телецком озере в этот день была ясная, по данным полевой метеостанции GEOS давление составляло 952 гПа, влажность – 64%, температура воздуха – 21°C, в первой половине дня ветра не было.

Для сбора и первичной обработки натурных данных использовались ландшафтно-геохимические методы исследования, позволяющие проводить оценку состояние геосистем и выявлять текущие изменения [1, 2, 3, 4].

Непосредственно на месте отбора проб измеряли температуру воды, pH, минерализацию. Время измерений и отбора пробы составляло 4–5 минут. В отобранных образцах по стандартной методике [5] были определены концентрации растворенных микроэлементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на приборе ICP-61 (Thermo Jarrell Ash, США).

По методике, официально принятой в Федеральной службе России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [6] проведено определение видового состава, доминантного комплекса и численности зоопланктона Телецкого озера. Пробоотбор осуществлялся с помощью качественной сети Апштейна (газ № 77). Пробы фиксировались 4%-ным формалином, камеральная обработка материала проводилась в ИГ РАН. Идентификация организмов зоопланктона до вида осуществлялась по определителям [7, 8, 9]. Индикаторная значимость определялась по методу Пантле и Букка [10] с учетом региональных величин индикаторной значимости организмов [11, 12].

Всего было отобрано около 40 проб. Ключевые точки наблюдений представлены в таблице 1 с указанием их гидрохимической характеристики и радиационного состояния в местах выхода на берег.

Таблица 1. Географические координаты и гидрохимическая характеристика природных вод в ключевых точках наблюдений на Телецком озере, 14.07.2018

№ п/п	Точка наблюдений	Координаты	Дозиметрия, мкЗв/час	Температура °С	Минерализация, (г/л)	pH
1	Атм. осадки Телецкое озеро	N 51,78871° E087,24895°				
2	р. Бия, с. Артыбаш	N 51,78871° E 087,24895	0,15	14.4	0.05	7.69
3	50 м от с. Яйлю	N 51,76693° E087,60503°	0,16	16.5	0.05	7.81
4	Устье р. Окпорок	N 51,76025° E087,62550°		16.7	0.05	7.85
5	Устье рек Кокши - Мал.Чили	N 51,56527° E 087,67224°		17.2	0.05	7.83

	Западный склон, 50-60°	N 51,52933° E 087,67912°	0,07-0,17			
6	Устье рек Челюш - Бол. Чили	N 51,48682° E 087,72621°		17,6	0,05	7,89
7	Устье-русло р. Чулышман	N 51,36021° E 087,77795°		19,1	0,06	7,97
8	р. Чири	Не опр.	0,15-0,20	15,2	0,03	7,76
9	Залив Кыга	N 51,35827° E 087,77758°		18,7	0,07	7,74
10	Устье р. Кыга	N 51,35803° E 087,84776°		15,5	0,07	7,89
11	Устье р., источник Аржан-Су	N 51,52579° E 087,73367°	030-0,35	15,1	0,16	8,43

Величина рН в поверхностных водах Телецкого озера близка к нейтральной. Воды пресные, гидрокарбонатно-кальциевые. Воды источника Аржан-Су щелочные и более минерализованы.

Проведенная дозиметрия на территории Алтайского заповедника не выявила превышений допустимых значений (0,30 мкЗв/ч). Однако в устье Аржан-Су есть незначительное превышение ПДК, связанное, вероятно, с разломной зоной.

Вода в изучаемые ландшафты Телецкого озера поступает преимущественно с атмосферными осадками, речным и поверхностным стоком, а также из подземных источников. Результаты химического анализа поверхностных вод позволили выделить химические элементы глобального регионального и локального распространения [13].

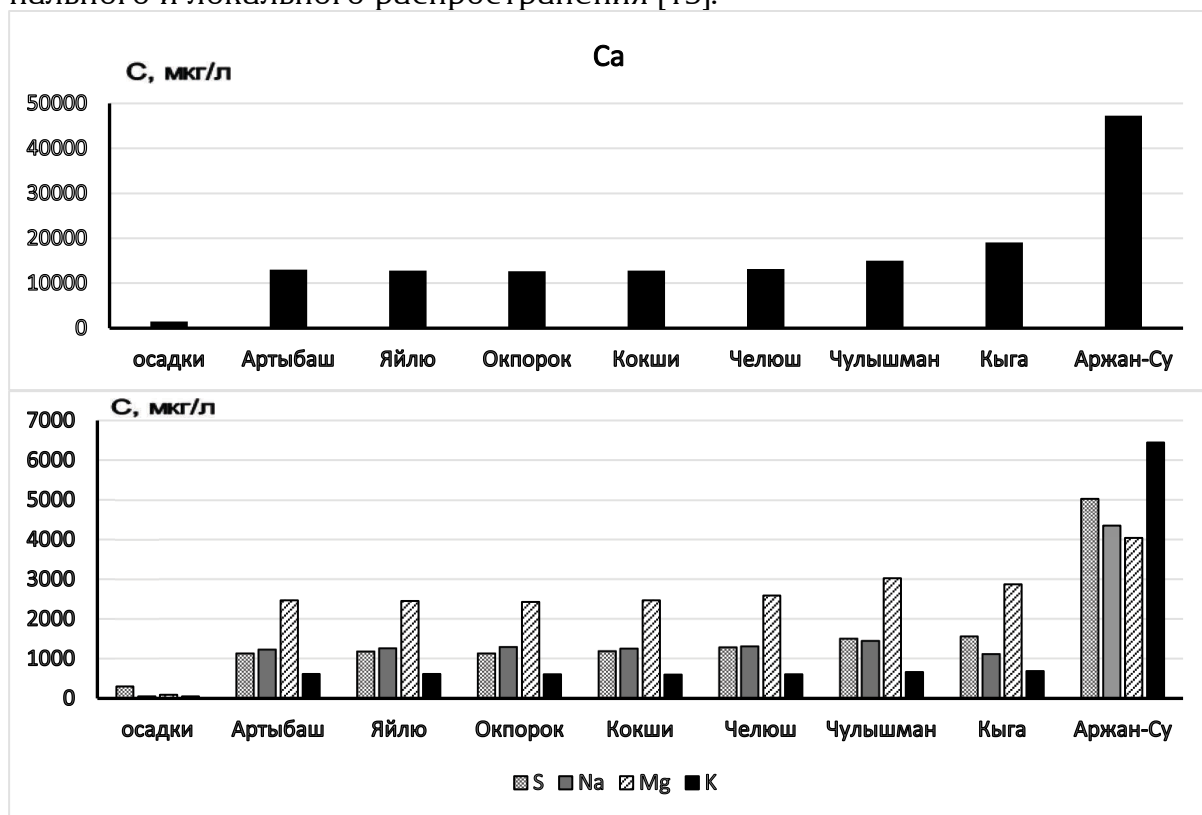


Рисунок 1 – Содержание элементов глобального распространения в природных водах и атмосферных осадках Телецкого озера (мкг/л), июль, 2018.

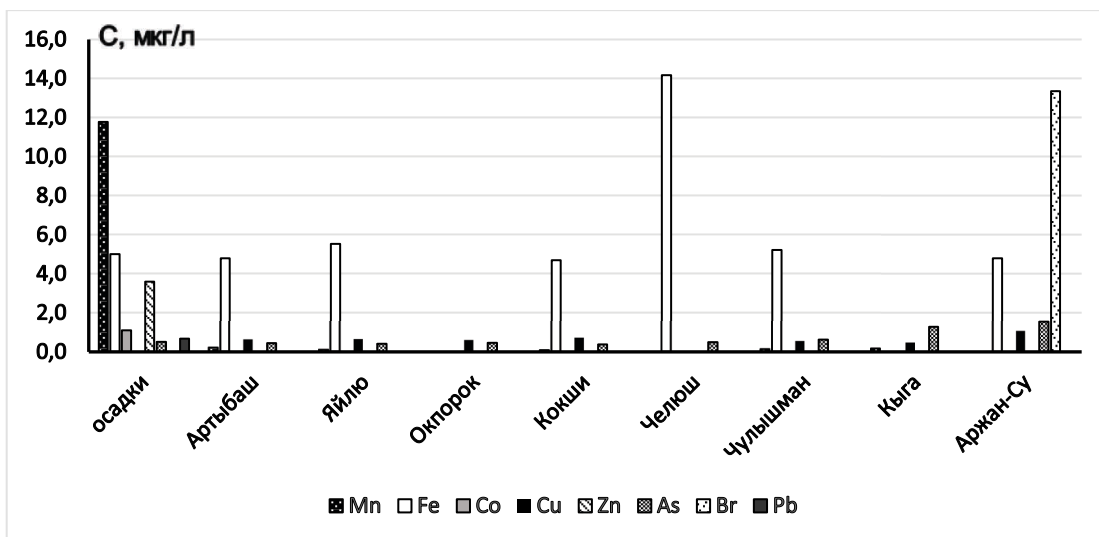


Рисунок 2 – Содержание химических элементов регионального и локального распространения в природных водах Телецкого озера (мкг/л), июль, 2018 г.

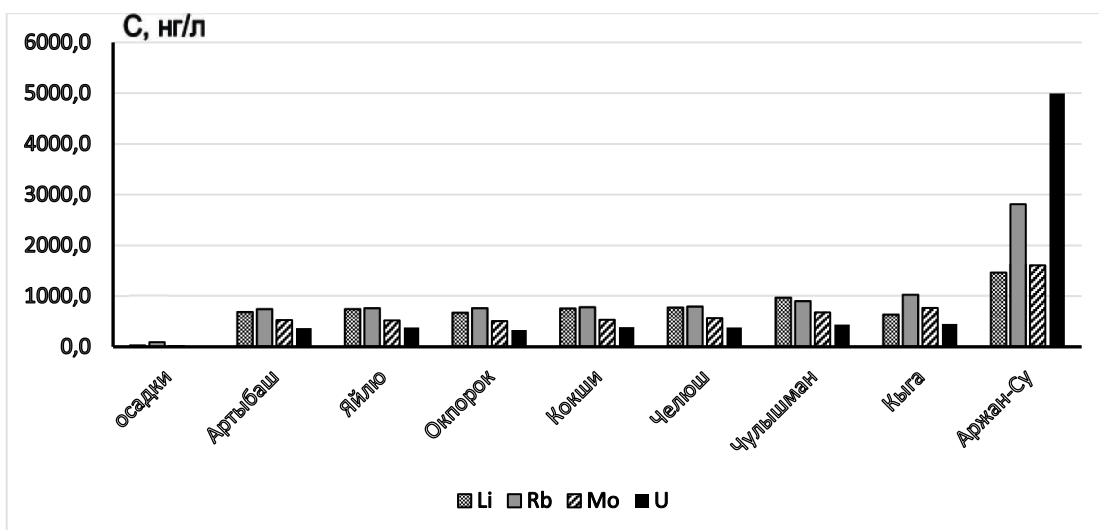


Рисунок 3 – Содержание литогенных элементов регионального и локального распространения в природных водах Телецкого озера (нг/л), июль, 2018 г.

Для большинства элементов отмечается незначительная пространственная геохимическая дифференциация (Рис. 1, 2, 3). Наибольшие изменения вносят разломные воды, однако значительные объемы озерных вод нивелируют различия. Так концентрация химических элементов в водах источника Аржан-Су, обогащенных Br, As, Cu, а также литогенными элементами вмещающих пород, в 2-3 раза выше, чем в водах Телецкого озера.

Атмосферные осадки приносят химические элементы, не типичные для этих ландшафтов – Mn, Zn, Pb, Co.

Одним из качественных способов оценки уровня загрязнения поверхностных природных вод является метод биоиндикации с использованием экологической группировки зоопланктона. Биоиндикация состояния вод Телецкого озера проводилась по видам, относящимся к отряду Cladocera и типу Rotatoria. Из представителей подкласса Copepoda в составе зоопланктона отмечены многочисленные организмы на науплиальных стадиях, не подходящие для определения их таксономического положения.

На основании полученного видового состава оз. Телецкого и абсолютных и относительных показателей численности организмов по методике, представленной в [6], рассчитывался индекс сапробности водоема, характеризующий степень его загрязненности органическими веществами. Уровень трофности озера определялся на основании видового состава, частоты встречаемости и индикаторной значимости зоопланктов. Указанные значения параметров, а также результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Видовой состав, показатели состояния зоопланктона и сапробности Телецкого озера

Вид	Средн. числ-сть, экз	Доля общей численности, %	h	s	sh	Индекс сапробности S	Зона сапробности
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	41,00	67	9	1,55	13,95	1,54	β-мезосапробная
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	9,00	15	5	1,55	7,75		
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Muller, 1785)	2,60	4	3	1,55	4,65		
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Muller, 1785)	1	2	2	1,79	3,58		
<i>Trichocerca rattus</i> (O.F. Muller, 1776)	1	2			0		
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)	2	3	2	1,75	3,5		
<i>Synchaeta tremula</i> (O.F. Muller, 1786)	4	7	3	1,2	3,6		
сумма	61		24		37,03		

В сообществе зоопланктона озера Телецкое доминируют коловратки *A. priodonta* и *Keratella cochlearis*. Первый вид является β-мезосапробом, второй относится к эвритрофным формам. Кроме того, здесь обитают β-мезосапробы *Bosmina longirostris* и *Chydorus sphaericus*, а также эврибионт *Scapholeberis mucronata*. Состав фауны зоопланктона отражает наличие эвтрофированности водной среды. Индекс сапробности равен 1,54, что подтверждает принадлежность озера Телецкое к β-мезосапробной зоне и является сигналом антропогенного загрязнения озера.

Таким образом, проведенный сопряженный анализ геохимического состояния поверхностных вод Телецкого озера показал, что они находятся в стабильном состоянии и характеризуются незначительной пространственной изменчивостью химического состава. С атмосферными осадками в исследуемые ландшафты поступают химические элементы не типичные для этого региона – Mn, Zn, Co, Pb. Воды реки Кыга и особенно источника Аржан-Су обогащены элементами литогенного происхождения.

Биоиндикационное изучение выявило, что Телецкое озеро характеризуется высоким значением индекса сапробности (S=1,54). По своему генезису данный водоем в прошлом относился к категории олиготрофных, однако в настоящее время фиксируется его принадлежность к β-мезосапробной зоне. Качество воды крупного водного объекта – озера Телецкое – в значительно

меньшей степени, чем воды малых водоемов и водотоков, зависит от состава весеннего поверхностного стока. Очевидно, наблюдаемые изменения трофности озера Телецкое вызваны долговременным увеличением уровня антропогенного загрязнения водной среды, береговых экосистем и биогеоценозов всего бассейна.

В качестве рекомендаций для снижения степени эвтрофикации Телецкого озера в соответствии с Федеральным законом от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» можно рекомендовать усиление режима особой охраны Государственного природного биосферного заповедника «Алтайский».

Работа выполнена по теме Государственного задания ИГ РАН № 0148-2019-0007, биоиндикационные исследования проведены при поддержке РФФИ № 18-55-05015.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Алтайского заповедника за помощь в проведении экспедиционных работ.

Литература

- Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – Москва: Астрель – 2000, 1999. – 610 с.
- Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов / М.А. Глазовская. – Москва. – 350 с.
- Кудерина, Т.М. Ландшафтно-гидрологическая структура горного бассейна и геохимические потоки / Т.М. Кудерина, Г.С. Шилькрот, А.И. Воропаев // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов. – Иркутск, 2005. – С. 100-102.
- Кудерина, Т.М. Геохимические особенности природных вод высокогорных ландшафтов Верхней Катуни (Горный Алтай) / Т.М. Кудерина, И.А. Мерзлякова, А.В. Кудиков, И.В. Замотаев // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Труды Всерос. конф. с участием иностр. ученых. – Томск, 2012. – С. 148-150
- Карандашев, В.К. Использование метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в элементном анализе объектов окружающей среды / В.К. Карандашев, А.Н. Туранов, Т.А. Орлова, А.Е. Лежнев, С.В. Носенко, Н.И. Золотарева, И.Р. Москвина // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, Т. 73, № 1. – Москва, 2007 – С. 12-22.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем; под ред. д-ра биол. наук В.А. Абакумова. – Санкт-Петербург, 1992. – 318 с.
- Кутикова, Л.А. Коловратки *Rotatoria* фауны СССР / Л.А. Кутикова. – 1970. – Москва, Ленинград. – 327 с.
- Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки *Cladocera* фауны СССР – Е.Ф. Мануйлова. – Москва, Ленинград, 1964. – 327 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). – Ленинград, 1977. – 511 с.
- Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view//Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. – 1973. – N 7. – 218 p.
- Ермолаева, Н.И. Региональные индексы индикаторной значимости зоопланктонных организмов в водоемах юга западной Сибири / Н.И. Ермолаева, С.Я. Двуреченская // Экология, № 6. – 2013. – С. 476-480.
- Чертопруд, М.В. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской части России / М.В. Чертопруд, Е.С. Чертопруд. – Москва, 2011. – 219 с.
- Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов, Кн. 2: Главные р-элементы. – Москва, 1994. –303 с.