



УДК 504.054(282.256.341.9)  
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.37.103>

## Экологическая оценка состояния прибрежных вод и донных отложений озера Байкал и его притоков (западное побережье)

М. С. Янчук

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Приведены результаты оценки качества прибрежных вод западного побережья оз. Байкал и впадающих в него рек (Кучулга, Хорга, Сарма, Курма). Для оценки состояния прибрежных вод определялись следующие параметры: водородный показатель, содержание азотсодержащих веществ, фосфатов, нефтепродуктов, тяжелых металлов. В образцах донных отложений были установлены концентрации тяжелых металлов. Исследования были проведены в летний период 2016–2017 гг. Рассматриваемое побережье озера испытывает высокую антропогенную нагрузку из-за расположенных там жилых и рекреационных объектов. В результате исследования было выявлено, что по большинству рассмотренных параметров воды озера и его притоков соответствуют установленным санитарно-гигиеническим нормам. Определены превышения ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного значения по содержанию меди и свинца в воде озера и его притоках. На основе полученных данных была построена карта-схема распространения азотсодержащих веществ на исследуемой территории. Концентрации металлов в донных осадках также установлены на уровне, допустимом санитарными нормами. Отмечено небольшое превышение фоновых значений по содержанию кобальта в пробах донных отложений, взятых из прибрежной акватории озера и р. Сарма. Для оценки степени загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами был рассчитан коэффициент загрязнения для донных отложений, согласно которому рассматриваемые водные объекты имеют низкую степень загрязнения ими.

**Ключевые слова:** западное побережье Байкала, притоки Байкала, донные отложения, тяжелые металлы.

**Для цитирования:** Янчук М. С. Экологическая оценка состояния прибрежных вод и донных отложений озера Байкал и его притоков (западное побережье) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2021. Т. 37. С. 103–114. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.37.103>

### Введение

Для озера Байкал, обладающего уникальной экосистемой и входящего в Список природного наследия ЮНЕСКО, все большую актуальность приобретает проблема оценки долговременного антропогенного воздействия на само озеро и прилегающие к нему территории, включая его многочисленные притоки. Благоприятные природно-климатические условия на западном побережье оз. Байкал способствуют высокой туристско-рекреационной нагрузке на данную территорию как в теплый, так и в холодный периоды года. На исследуемом побережье расположено множество туристических баз,

а также стихийных кемпинг-стоянок. Тем не менее туристическая инфраструктура в отношении сферы коммунальных услуг развита слабо. Сточные бытовые воды нередко попадают напрямую в воды озера.

Оценке современного гидрохимического состояния оз. Байкал и его притоков посвящено много работ ввиду актуальности темы. Комплексные научные исследования проводятся сотрудниками различных институтов [Загрязнение атмосферы и содержание ... , 2015; Геохимия окружающей среды ... , 2004; Складорова, 2011; Ветров, Кузнецова, 1997].

При геоэкологической оценке состояния гидроэкосистемы показательным природным объектом, помимо природных вод, являются донные отложения [Spatial distribution and ... , 2011]. Донные отложения представляют собой депонирующие среды для накопления и преобразования различных химических веществ [Problems in the assessment ... , 1980], они отражают информацию о степени загрязненности водоема. Формирование донных отложений происходит за счет поступления с водосборной площади различных органических, минеральных веществ и твердых частиц, оседающих на дно в результате физико-химических и биохимических процессов, протекающих в водоеме.

**Цель работы** заключалась в оценке современного экологического состояния прибрежных вод оз. Байкал и его притоков – рек Кучелга, Хорга, Сарма и Курма по определенному ряду гидрохимических показателей, а также по содержанию металлов в донных отложениях озера и рек, впадающих в него.

#### Район и объект исследования

Исследования были проведены на западном побережье оз. Байкал (рис. 1). Территория исследования протянулась по побережью Байкала от устья р. Кучулга до устья р. Курма (пролив Малое Море).

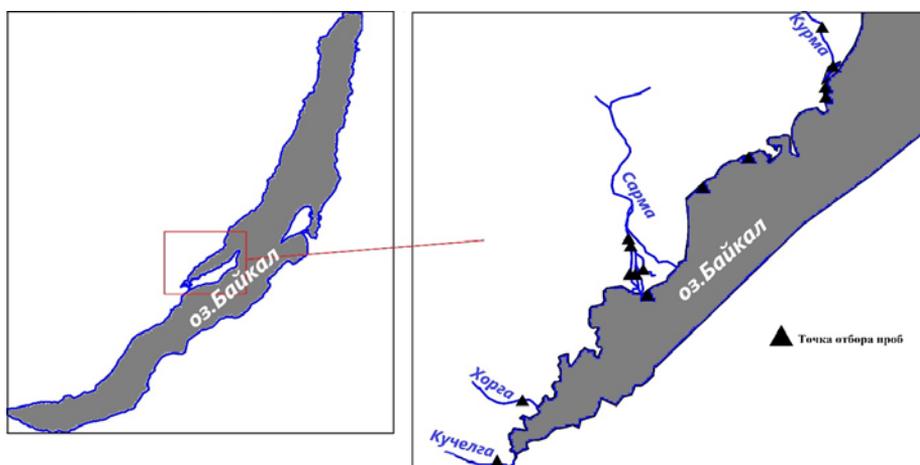


Рис. 1. Карта-схема отбора проб

Климатические условия на территории оз. Байкал неоднородные, что связано с особенностями как циркуляции атмосферы, так и орографии горного обрамления котловины озера. На территории исследования отмечается большое количество солнечных дней. Суммарная радиация за год составляет 4400 мДж/м<sup>2</sup>. Радиационный баланс с марта по октябрь имеет положительные величины. Средняя температура воздуха в январе составляет –20 °С, в апреле – –2 °С, в июле достигает +14 °С, в октябре – 0 °С. Температура воды в летний период в мелководных заливах Малого Моря прогревается до +20 °С. Годовое количество осадков, выпадающих в указанном районе, не превышает 200–250 мм в год, около двух третей выпадает, как правило, в летний период [Байкал. Атлас, 1993].

Рассматриваемые притоки озера имеют длину русла в пределах 10–15 км, относятся к малым рекам среднего бассейна оз. Байкал [Государственный водный реестр]. Минерализация вод в реках низкая, основным источником питания являются дождевые осадки – до 50 % годового прихода. Режим рек характеризуется устойчивой зимней меженью и высоким весенним половодьем. В зимний период образуются наледи, в холодные годы возможно промерзание рек полностью [Гидрология Прибайкальского национального ... ].

Формирование донных отложений оз. Байкал и его притоков происходит под влиянием геоморфологических, гидрохимических процессов [Голдырев, 1982]. Материал для формирования донных осадков поступает в воды озера вместе с речными стоками и атмосферными осадками и представляет собой, как правило, продукты разрушения берегов, отмершие растения и различные вещества из хозяйственно-бытовых и промышленных стоков. Донные осадки на рассматриваемой территории представлены биогенно-терригенными илами [Вологина, Штурм, 2009].

### **Материалы и методы исследования**

Пробы воды из оз. Байкал были отобраны в прибрежной части акватории, в возможной зоне влияния турбаз, расположенных там. В притоках озера образцы воды отбирались выше по течению.

Донные отложения были отобраны в литоральной зоне оз. Байкал и его притоках – реках Сарма, Кучулга на глубине 0–10 см.

Оценка современного геоэкологического состояния вод Байкала и его притоков, расположенных на западном берегу, была определена по следующим параметрам: водородный показатель, содержание азотсодержащих веществ (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>), фосфат-ионов, нефтепродуктов и металлов. Определение концентраций Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Pb осуществлялось также и в донных отложениях с использованием атомно-эмиссионного спектрометра Optima-2000. Остальные рассматриваемые параметры были исследованы в соответствии с гостированными методиками [Руководство по химическому анализу ... , 2009].

## Результаты и обсуждение

*Водородный показатель.* Уровень концентрации ионов водорода, содержащихся в водных объектах, является одним из основных показателей их экологического состояния. Значения рН влияют на характер протекающих в водоеме химических и биологических процессов и устойчивость различных форм миграции элементов.

Показатель рН вод оз. Байкал и его притоков (рек Курма, Сарма, Хорга и Кучулга) соответствует санитарно-гигиеническим нормативам. Так, в водах озера рН изменяется в пределах от 7,3 до 8,9 ед. Согласно СанПиН норма значений рН в воде водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения варьируется в пределах 6–9 ед.<sup>1</sup> В притоках озера величина рН ниже, чем в озере, и определена в пределах 6,68–7,43 ед.

*Азотсодержащие вещества.* Азотсодержащие соединения в природных водах встречаются в растворенном и коллоидном состояниях, а также в виде взвеси и под влиянием различных физико-химических и биохимических факторов могут переходить из одного состояния в другое. Данные вещества образуются в результате разложения белковых соединений, попадающих в водоем, в том числе вместе со сточными, бытовыми и промышленными водами.

*Аммоний.* Предельно допустимые концентрации ионов аммония в поверхностных водах для водоемов рыбохозяйственного пользования<sup>2</sup> составляют 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Основными источниками поступления NH<sub>4</sub> в водоемы служат сточные воды, поступающие с животноводческих ферм, сельскохозяйственных, и хозяйственно-бытовые стоки.

По степени содержания NH<sub>4</sub> природные воды разделяют на очень чистые, чистые, умеренно загрязненные, загрязненные, грязные и очень грязные (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации ионов аммония в водоемах с разной степенью загрязненности, мг/дм<sup>3</sup>  
[Методическое пособие ... , 2004]

Содержание аммония	Степень загрязнения водоема
0,05	Очень чистые
0,10	Чистые
0,20–0,30	Умеренно загрязненные
0,40–1,00	Загрязненные
1,10–3,00	Грязные
>3,00	Очень грязные

<sup>1</sup> О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03 (вместе с "ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы : постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 ; 78 (ред. от 13.07.2017) // КонсультантПлюс

<sup>2</sup> Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 (ред. от 10.03.2020) // КонсультантПлюс

В водах оз. Байкал концентрации  $\text{NH}_4$  изменялись в диапазоне от 0,001 до 0,025 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание аммония в воде притоков озера было зафиксировано на уровне от 0,012 до 0,04 мг/дм<sup>3</sup>, наибольшие концентрации были определены в р. Хорга (рис. 2). Согласно полученным данным, воды озера и его притоков на западном побережье соответствуют очень чистым (см. табл. 1).

*Нитриты.* Нитриты в природных водах могут образовываться в процессе нитрификации, при аэробных условиях. Предельно допустимые концентрации  $\text{NO}_2$  для водоемов рыбохозяйственного пользования<sup>3</sup> составляют 0,08 мг/дм<sup>3</sup>, а в объектах культурно-бытового назначения<sup>4</sup> – 3 мг/дм<sup>3</sup>.

В воде озера и его притоков содержание нитрит-ионов не превышает установленные санитарно-гигиенические нормативы. Максимальные концентрации  $\text{NO}_2$  были зафиксированы в пробе воды озера, отобранной вблизи пос. Сарма (0,04 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 2), в р. Сарма их содержание варьировалось от 0,004 до 0,008 мг/дм<sup>3</sup>.

*Нитраты.* Нитрат-ионы появляются в природных водах в результате процессов нитрификации, попадают в водоем вместе со сбросом хозяйственно-бытовых, сельскохозяйственных, сточных вод. Для водоемов рыбохозяйственного значения ПДК данных веществ составляет 40 мг/дм<sup>3</sup>, а для водоемов культурного-бытового пользования – 45 мг/дм<sup>3</sup>. В воде Байкала и его притоков концентрации  $\text{NO}_3$  меньше установленных санитарных нормативов и изменяются в пределах 0,05–0,4 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшие концентрации в воде озера определены в пробе, отобранной вблизи пос. Курма (0,4 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 2).

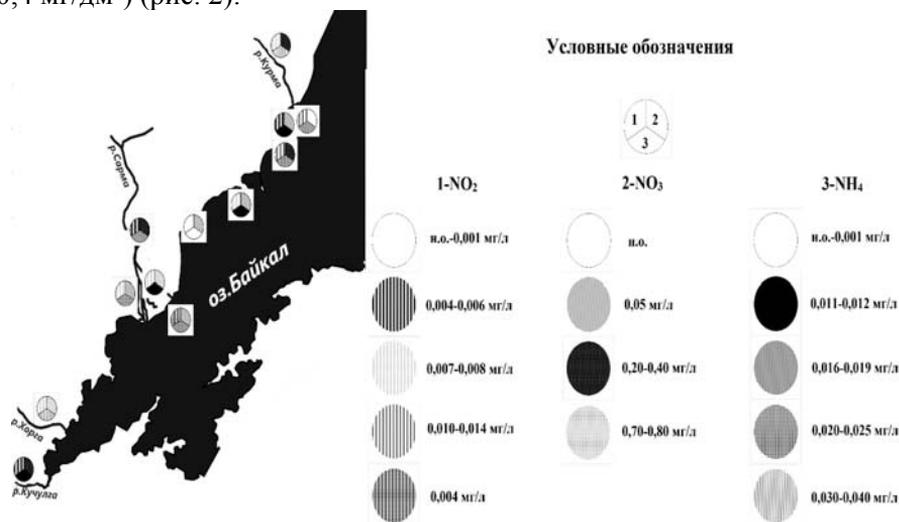


Рис. 2. Пространственное распределение азотсодержащих веществ (нитриты, нитраты, аммоний) в воде оз. Байкал и его притоков на западном побережье (от устья р. Кучулга до устья р. Курма (пролив Малое Море)), мг/дм<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Об утверждении нормативов качества воды водных ...

<sup>4</sup> О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03 ...

**Фосфаты.** Фосфор и его соединения являются важными биогенными элементами, оказывающими лимитирующее воздействие на продуктивность водоемов. Данные вещества поступают в природные воды чаще всего вместе с поверхностным стоком с сельскохозяйственных земель (фосфор и его соединения входят в состав минеральных удобрений), с бытовыми сточными водами, а также с некоторыми видами производственных отходов. Также источниками поступления фосфора в водоемы являются процессы разложения организмов, населяющих водоем.

Для водоемов рыбохозяйственного значения ПДК фосфат-ионов составляет  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ , а для объектов культурно-бытового водопользования<sup>5</sup> –  $3,5 \text{ мг/дм}^3$ . В водах озера и его притоков превышений ПДК не установлено. Фосфат-ионы в Байкале и в реках определены на низком уровне – от  $0,004$  до  $0,012 \text{ мг/дм}^3$ .

**Нефтепродукты** (НП) представляют собой сложную смесь углеводородов (алифатических, ароматических и ациклических) и относятся к числу наиболее распространенных и токсичных веществ, загрязняющих природные воды. Источниками нефтепродуктов служат промышленные сточные воды, продукты сгорания топлива судовых двигателей, НП также могут попадать в воду в процессе их перевозки водным транспортом. В водных объектах НП присутствуют в следующих формах – в растворенном виде, в виде тонкой поверхностной пленки на воде; а также аккумулируются в донных отложениях.

Предельно допустимые концентрации НП в водоемах рыбохозяйственного значения<sup>6</sup> составляют  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ , в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования<sup>7</sup> –  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ .

Концентрации нефтепродуктов в воде озера определены в диапазоне от  $0,002$  до  $0,026 \text{ мг/дм}^3$ , наибольшие значения были установлены в воде озера, отобранной вблизи пос. Курма. Нефтепродукты в р. Сарма, в ее правом рукаве, достигали  $0,03$  и  $0,04 \text{ мг/дм}^3$ , это максимальные концентрации НП из рассмотренных притоков озера. В остальных образцах воды, взятых из рек, нефтепродукты определялись в диапазоне  $0,002$ – $0,023 \text{ мг/дм}^3$ .

#### ***Система «вода – донные отложения»***

Как правило, к тяжелым металлам (ТМ) относят металлы с относительной атомной массой больше 40. Тяжелые металлы обладают высокой токсичностью и способны наносить вред живым организмам [Berman, 1980]. Антропогенными источниками поступления данных элементов служат промышленные и бытовые сточные воды, также они входят в состав аэрозольных выбросов от промышленных предприятий и автотранспорта. Тяжелые металлы попадают в природные воды и естественным путем – в процессе выветривания горных пород. ТМ обычно присутствуют в следовых количествах в природных водах, но многие из них токсичны даже при очень низких концентрациях [Cadmium, copper and ... , 2000].

<sup>5</sup> Об утверждении нормативов качества воды водных ...

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03 ...

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов  
в водоемах различного назначения, мг/дм<sup>3</sup>

Металл	ПДК в воде объектов рыбохозяйственного значения	ПДК в воде объектов хозяйственно-питьевого/ культурно-бытового водопользования
Хром	0,500	–
Марганец	0,010	1,000
Кобальт	0,010	1,000
Никель	0,100	–
Медь	0,001	1,000
Свинец	0,006	0,03

Примечание: «–» – нет данных. По данным: Приказ от 13 декабря 2016 г. № 552 и ГН 2.1.5.1315-03.

В отличие от органических веществ металлы не подвержены процессам микробной или химической деградации и могут перераспределяться между природными средами [Lepp, 2012; Athar, Vohora, 2001]. Благодаря своим аккумуляционным свойствам донные отложения могут выступать в качестве вторичного загрязнителя природных вод. Гранулометрический состав осадков влияет на накопление в них металлов. Мельчайшие гранулометрические фракции осадков обладают высокой способностью поглощать данные вещества [Szarek-Gwiazda, Czaplicka-Kotas, Szalinska, 2011; Effect of flooding ... , 2015].

Концентрации таких тяжелых металлов, как Cr, Mn, Co, Ni, в водах оз. Байкал и его притоков (рек Курма, Сарма, Хорга, Кучелга) определены на уровне ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов (табл. 2) как для вод объектов рыбохозяйственного значения, так и для вод водоемов культурно-питьевого и хозяйственно-бытового пользования.

Превышение ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного значения (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) отмечено по содержанию меди. В водах озера и его притоков концентрации Cu изменялись в пределах 0,007–0,009 мг/дм<sup>3</sup>. Медь попадает в природные воды вследствие разрушения горных пород и почв. В почвах Южного Прибайкалья наблюдается повышенный фон меди [Геохимия окружающей среды ... , 2004].

В образцах поверхностной воды, взятой из озера, концентрации свинца зафиксированы на уровне выше ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения в 2–3,2 раза. Превышение ПДК вод культурно-бытового и хозяйственно-питьевого пользования не обнаружено.

При анализе донных отложений было установлено, что концентрации тяжелых металлов в них в несколько раз выше, чем в поверхностных водах. Металлы, накопленные в донных отложениях, могут мигрировать в водную толщу в результате различных химических и биохимических процессов, происходящих в водоеме. Гидрологические факторы, микробная активность и физико-химические условия на границе раздела вода – осадки могут влиять на реактивацию металлов [Calmano, Hong, Förstner, 1993; Förstner, 2004]. В России предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в донных отложениях не установлены, поэтому для оценки степени загрязнения во-

доемов были использованы ПДК данных поллютантов в почвенном покрове, также было проведено сравнение с фоновыми региональными значениями для донных отложений [Геохимия окружающей среды ... , 2004].

По результатам анализа выявлено, что содержание тяжелых металлов в донных отложениях озера и его притоков не превышает установленные предельно допустимые концентрации и региональные фоновые значения. Полученные данные о концентрациях тяжелых металлов в исследуемых донных отложениях представлены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание металлов в донных отложениях оз. Байкал и реках Сарма, Кучелга, мг/кг

Место отбора пробы	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu
Озеро Байкал	56	61	433	19	37	38
Река Сарма, крайний правый рукав	53	61	857	20	40	24
Река Сарма, правый рукав	35	37	383	9	21	25
Река Сарма, основное русло	39	56	520	14	33	23
Река Кучелга	48	72	490	11	37	19
ПДК*	150	–	1500	–	–	–
Фон**	109	111	945	18	44	41

Примечение: \* – по данным ГН 2.1.7.2041-06; \*\* – по данным [Геохимия окружающей среды ... , 2004]; «–» – данные отсутствуют.

На основе полученных данных о содержании тяжелых металлов в пробах поверхностной воды и донных отложений в оз. Байкал, реках Сарма и Кучелга для оценки степени загрязнения поверхностных вод исследуемой территории был рассчитан коэффициент загрязнения  $C_f$  для донных отложений:

$$C_f = \frac{C_i}{C_n},$$

где  $C_i$  – содержание рассматриваемого вещества;  $C_n$  – среднее фоновое значение для донных отложений.

Коэффициент загрязнения был рассчитан для каждого исследуемого элемента (Cr, Mn, Co, Ni, Cu) в отдельности. В соответствии со значениями данного коэффициента классификация степени загрязнения водных объектов следующая:

$$\begin{aligned} C_f < 1 & \text{ – низкая;} \\ 1 \leq C_f < 3 & \text{ – умеренная;} \\ 3 \leq C_f < 6 & \text{ – значительная;} \\ C_f \geq 6 & \text{ – высокая.} \end{aligned}$$

Результаты расчета коэффициента загрязнения представлены в табл. 4. Умеренный уровень загрязнения по содержанию кобальта выявлен в донных отложениях озера, отобранных вблизи залива Курма, и р. Сарма (крайний правый рукав). По содержанию хрома, никеля и меди во всех рассмотренных образцах донных осадков коэффициент меньше единицы, следовательно, степень загрязнения данными элементами низкая.

Таблица 4

Значения коэффициента загрязнения  $C_f$ 

Образец	Cr	Mn	Co	Ni	Cu
1	0,55	0,46	1,05	0,83	0,92
2	0,55	0,91	1,13	0,91	0,58
3	0,33	0,41	0,51	0,49	0,62
4	0,50	0,55	0,80	0,75	0,56
5	0,65	0,52	0,61	0,84	0,47

### Выводы

Согласно полученным данным, воды оз. Байкал и его притоков, протекающих на западном берегу (реки Кучелга, Хорга, Сарма и Курма), соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам как по величине pH, так и по содержанию следующих веществ: аммония, нитритов, нитратов, фосфатов и нефтепродуктов.

В водах оз. Байкал и рек Кучелга, Хорга, Сарма и Курма концентрации таких металлов, как Cr, Mn, Co и Ni, соответствуют санитарным нормам. Превышение ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного значения установлено в озере по содержанию меди и свинца, что связано скорее с природными факторами, чем с антропогенными.

В ходе исследования было определено, что концентрации ТМ в донных осадках на порядок выше, чем в озерной и речной воде, в связи с этим донные отложения являются потенциальными источниками вторичного загрязнения водных экосистем. Превышения фоновых значений по содержанию кобальта в донных осадках зафиксированы в пробах, взятых из оз. Байкал и одного из русел р. Сарма. В целом концентрации ТМ в донных осадках озера и рек соответствуют санитарным нормам и региональным фоновым значениям.

### Список литературы

- Байкал. Атлас / под ред. Г. И. Галазия. М. : Федер. служба геодезии и картографии России, 1993. 160 с.
- Ветров В. А., Кузнецова А. И. Микроэлементы в природных средах озера Байкал. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1997. 236 с.
- Вологина Е. Г., Штурм М. Типизация голоценовых отложений и районирование бассейна оз. Байкал // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 8. С. 933–940.
- Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский экологический полигон) / В. И. Гребенщикова, Э. Е. Лустенберг, Н. А. Китаев, И. С. Ломоносов. Новосибирск : Гео, 2008. 234 с.
- Гидрология Прибайкальского национального парка. URL: <https://baikal-1.ru/specialists/pribaikalsky/hydrology/> (дата обращения: 20.03.2021).
- Голдырев Г. С. Осадкообразование и четвертичная история котловины Байкала. Новосибирск : Наука, 1982. 182 с.
- Государственный водный реестр. URL: <http://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 22.03.2021).
- Загрязнение атмосферы и содержание фтора в снеге на акватории оз. Байкал / И. А. Белозерцева, И. Б. Воробьева, Н. В. Власова, Д. Н. Лопатина, М. С. Янчук // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 1–24.

Методическое пособие по дисциплине «Экологический мониторинг»: учеб. пособие / под ред. Г. И. Хараева. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. 77 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Ч. 1 / под ред. Л. В. Боевой Ростов-на-Дону: Изд-во НОК, 2009. 1045 с.

Склярова О. А. Распределение микроэлементов в водной толще Среднего Байкала / География и природные ресурсы. 2011. № 1. С. 153–159.

Athar M., Vohora S. B. Heavy Metals and Environment. New Delhi: New Age International (P) Limited; 2001.

Berman E. Toxic Metals and their Analysis. John Wiley & Sons Canada, Limited, 1980, P. 304.

Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type / N Herawati, S Suzuki, K Hayashi, IF Rivai, H. Koyoma // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2000. Vol. 64. P. 33–39.

Calmano W., Hong J., Förstner U. Binding and mobilization of metals in contaminated sediments affected by pH and redox conditions // Water Sci. Technol. 1993. Vol. 28, N 8–9. P. 223–235.

Effect of flooding on metals contamination of Vistula floodplain sediments in Cracow; historical mining and smelting as the most important source of pollution / M. Strzebońska, A. Kostka, E. Helios-Rybicka, E Jarosz-Krzemińska // Pol. J. Environ Stud. 2015. Vol. 24, N 3. P. 1317–1326.

Förstner U. Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers: an interdisciplinary approach // Lake Reservoir Manag. 2004. Vol. 9, N 1. P. 25–40. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2004.00231.x>

Lepp N. W. Effect of heavy metal pollution on plants. Metals in the Environment, Pollution Monitoring Series, Applied Science Publishers. Department of Biology. Liverpool, United Kingdom: Liverpool Polytechnic, 2012

Problems in the assessment of heavy metal level sin estuaries and the formation of a pollution index / D. L. Tomlinson, J. G. Wilson, C. R. Haris, D. W. Jeffrey // Helgolander Meeresun. 1980. P. 566–575. <https://doi.org/10.1007/BF02414780>

Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China / J. Bai, B. Cui, B. Chen, K. Zhang, W. Deng, H. Gao, R. Xiao // Ecol. Modell. 2011. Vol. 222, P. 301–306.

Szarek-Gwiazda E., Czaplicka-Kotas A., Szalinska E. Background concentrations of nickel in the sediments of the carpathian dam reservoirs (Southern Poland) // CLEAN Soil Air Water. 2011. Vol. 39, N 4. P. 368–375. <https://doi.org/10.1002/clen.201000114>

## Geocological Assessment of the State of Coastal Waters and Bottom Sediments of the Lake Baikal and Its Tributaries (West Coast)

M. S. Yanchuk

*V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** This article presents the results of assessing the quality of coastal waters of the western coast of Lake Baikal and the rivers flowing into it (Kuchulga, Khorga, Sarma, Kurma). To assess the state of coastal waters, the following parameters were determined: the hydrogen index, the content of nitrogen-containing substances, phosphates, petroleum products, and heavy metals. Concentrations of heavy metals were found in the bottom sediments. The research was conducted in the summer period of 2016–2017. The lake shore under consideration is experiencing a high anthropogenic load due to the residential and recreational

facilities located there. As a result of the study, it was found that, for most of the considered parameters, the water of the lake and its tributaries meet the established sanitary and hygienic standards. The excess of the MPC of the fishery in terms of the content of copper and lead in the water of the lake and its tributaries was determined. On the basis of the obtained data, a map-scheme of the distribution of nitrogen-containing substances in the study area was constructed. The concentrations of metals in the bottom sediments are also set at the level allowed by sanitary standards. There was a slight excess of the background values for the cobalt content in the samples of bottom sediments taken from the coastal waters of the lake and the Sarma River. To assess the degree of contamination of surface waters with heavy metals, the pollution coefficient for the sediment bottom was calculated, according to which the water bodies under consideration have a low degree of HM contamination.

**Keywords:** west coast of Lake Baikal, tributaries of Lake Baikal, bottom sediments, heavy metals.

**For citation:** Yanchuk M.S. Geocological Assessment of the State of Coastal Waters and Bottom Sediments of the Lake Baikal and Its Tributaries (West Coast). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2021, vol. 37, pp. 103-114. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.37.103> (in Russian)

### References

*Baikal. Atlas* [Baikal. Atlas]. Ed. G.I. Galazii. Moscow, Federalnaya sluzba geodezii i kartografii Rossii Publ., 1993, 160 p. (in Russian)

Vetrov V.A., Kuznecova A.I. *Mikroelementy v prirodnyh sredah ozera Bajkal* [Microelements in natural environments of Lake Baikal]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 1997, 236 p. (in Russian)

Vologina E.G., Shturm M. Tipizaciya golocenovyh otlozhenij i rajonirovanie bassejna oz. Bajkal [Typification of Holocene deposits and zoning of the lake basin Baikal]. *Geologiya i geofizika*, 2009, vol. 50, no. 8, pp. 933-940. (in Russian)

Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.E., Kitaev N.A., Lomonosov I.S. *Geohimiya okruzhayushchej sredy Pribajkal'ya (Bajkal'skij ehkologicheskij poligon)* [Geochemistry of the environment of Baikal region (the Baikal ecological landfill)]. Novosibirsk, Geo Publ., 2008, 234 p. (in Russian)

*Gidrologiya Pribajkal'skogo nacionalnogo parka* [Hydrology of the Baikal National Park]. Available at: <https://baikal-1.ru/specialists/pribaikalsky/hydrology> (date of access: 20.03.2021). (in Russian)

Goldyrev G.S. *Osadkoobrazovanie i chetvertichnaya istoriya kotloviny Bajkala* [Sedimentation and Quaternary history of the Baikal Basin]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1982, 182 p. (in Russian)

*Gosudarstvennyj vodnyj reestr* [State Water Register]. Available at: <http://textual.ru/gvr/> (date of access: 22.03.2021) (in Russian)

Belozerceva I.A., Vorob'eva I.B., Vlasova N.V., Lopatina D.N., Yanchuk M.S. Zagryaznenie atmosfery i sodержanie ftora v snege na akvatorii oz. Bajkal [Atmospheric pollution and the content of fluoride in snow in the water area of Lake Baikal]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no. 2-2, pp. 1-24. (in Russian)

*Metodicheskoe posobie po discipline "Ekologicheskij monitoring"* [Methodological guide for the discipline "Environmental monitoring". Textbook]. Ed. G.I. Haraev. Ulan-Ude, VSGTU Publ., 2004, 77 p. (in Russian)

*Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushy. Chast 1* [Guidance on chemical analysis of surface waters of the land. Part 1]. Ed by I.V. Boevoj. Rostov-na-donu, 2009, 1045 p. (in Russian)

Sklyarova O.A. Raspredelenie mikroelementov v vodnoj tolshche Srednego Bajkala [Distribution of trace elements in the water column of the Middle Baikal]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2011, no. 1, pp. 153-159. (in Russian)

Athar M, Vohora S.B. Heavy Metals and Environment. *New Delhi: New Age International (P) Limited*, 2001.

Berman E. *Toxic Metals and their Analysis*. John Wiley & Sons Canada, Limited, 1980, 304 p.

Herawati N, Suzuki S, Hayashi K, Rivai IF, Koyoma H. Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2000, vol. 64, pp. 33-39.

Calmano W, Hong J, Förstner U. Binding and mobilization of metals in contaminated sediments affected by pH and redox conditions. *Water Sci. Technol.*, 1993, vol. 28, no. 8-9, pp. 223-235.

Strzebońska M., Kostka A., Helios-Rybicka E., Jarosz-Krzemińska E. Effect of flooding on metals contamination of Vistula floodplain sediments in Cracow; historical mining and smelting as the most important source of pollution. *Pol. J. Environ Stud.*, 2015, vol. 24, no. 3, pp. 1317-1326.

Förstner U. Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers: an interdisciplinary approach. *Lake Reservoir Manag.*, 2004, vol. 9, no. 1, pp. 25-40. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2004.00231.x>

Lepp N.W. Effect of heavy metal pollution on plants. Metals in the Environment, Pollution Monitoring Series. *Applied Science Publishers*. Department of Biology. Liverpool, United Kingdom, Liverpool Polytechnic, 2012.

Tomlinson D.L., Wilson J.G., Haris C.R., Jeffrey D.W. Problems in the assessment of heavy metal level sin estuaries and the formation of a pollution index. *Helgolander Meeresun*, 1980, pp. 566-575. <https://doi.org/10.1007/BF02414780>

Bai J., Cui B., Chen B., Zhang K., Deng W., Gao H., Xiao R. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China. *Ecol. Modell*, 2011, vol. 222, pp. 301-306.

Szarek-Gwiazda E., Czaplicka-Kotas A., Szalinska E. Background concentrations of nickel in the sediments of the carpathian dam reservoirs (Southern Poland). *CLEAN Soil Air Water*, 2011, vol. 39, no. 4, pp. 368–375. <https://doi.org/10.1002/clen.201000114>

**Янчук Мария Сергеевна**

младший научный сотрудник  
Институт географии им. В. Б. Сочавы  
СО РАН  
Россия, 664033, г. Иркутск,  
ул. Улан-Баторская, 1  
e-mail: [m\\_s\\_yanchuk@mail.ru](mailto:m_s_yanchuk@mail.ru)

**Yanchuk Maria Sergeevna**

Junior Research Scientist  
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS  
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,  
Russian Federation  
e-mail: [m\\_s\\_yanchuk@mail.ru](mailto:m_s_yanchuk@mail.ru)

**Код научной специальности:** 25.00.36

Статья поступила в редакцию 31.03.2021, принята к публикации 17.05.2021