

УДК 556.551 (571.53)

ИРКУТСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОТОКОВ И ЗАЛИВОВ¹

© 2024 г. И. Б. Воробьева^а, *, Н. В. Власова^а, И. А. Белозерцева^а, А. Н. Воробьев^а

^аИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, 664033 Россия

*e-mail: Irina-Vorobyeva@yandex.ru

Поступила в редакцию 17.04.2023 г.

После доработки 23.06.2023 г.

Принята к публикации 08.10.2023 г.

Рассмотрена история формирования Иркутского водохранилища, его влияние на изменение прилегающей территории и химический состав вод. Проанализированы результаты гидрохимических исследований, проведенных авторами в 2022 г. в заливах водохранилища и его притоках, проведена сравнительная характеристика с более ранними исследованиями. Установлено, что воды рек, впадающих в Иркутское водохранилище, относятся к сульфатно-гидрокарбонатному магниевое-кальциевому типу. Выявлено, что химический состав рек, заливов Иркутского водохранилища на ключевых участках, где расположены населенные пункты, коттеджные поселки и садоводства, отличается от фоновое и является хлоридно-гидрокарбонатным магниевое-кальциевым. Микроэлементный состав вод большей части водохранилища соответствует границам величин базового содержания микроэлементов в истоке р. Ангары.

Ключевые слова: исток Ангары, Байкал, водохранилище, заливы, притоки, гидрохимия, экология.

DOI: 10.31857/S0321059624020047 **EDN:** C1JBFF

ВВЕДЕНИЕ

Ангара — река в Восточной Сибири, самая крупная из правых притоков Енисея и единственная, берущая начало в оз. Байкал. Ангара — редкий пример большой реки, водный режим которой практически полностью зарегулирован от истока до устья четырьмя большими водохранилищами. Водохранилище Иркутской ГЭС — первое из Ангарского каскада, оно протянулось на 56 км; Братское — на 570 км; Усть-Илимское — на 300 км; Богучанское — на 375 км. Иркутское водохранилище имеет площадь 154 км², длину береговой полосы 300 км и объем водной массы 2.1 км³.

Иркутская ГЭС расположена на Ангаре в г. Иркутске, в 56 км от оз. Байкал. При распространении подпора от плотины до Байкала и подъеме его уровня выше 1.0–1.2 м долина Ангары превратилась в залив озера, а сам Байкал стал частью Иркутского водохранилища. При относительно небольшой длине в 1779 км Ангара имеет большой перепад высот, равный 380 м,

уклон 0.2 м/км, что дает существенный гидроэнергетический потенциал [32].

В результате хозяйственной деятельности режим Ангары напоминает не речной, а озерный. Особенность Ангары в том, что она находится в зоне сурового климата, но ледостав наступает позднее, чем на других реках Сибири, что связано с быстрым течением и притоком теплых глубинных вод Байкала, которые не успевают остыть [3].

Образование водохранилища привело к изменению Ангарой ряда ее свойств: сокращение скорости течения воды у плотины до десятых долей метра в секунду, увеличение глубин на участке от Байкала до Иркутска привело к исчезновению “фабрики донного льда” и зимних разливов Ангары, ниже плотины Иркутской ГЭС Ангара перестала замерзать на участке длиной 5–10 км [22].

Создание Иркутского водохранилища обострило основное противоречие интересов — экономики, с одной стороны, и населения, природных объектов, которым наносится ущерб вследствие затопления, с другой. Иркутское водохранилище приносит большую экономиче-

¹ Исследование выполнено в рамках государственного задания (тема FWEM-2021-0002, госрегистрация AAAA-A21-121012190055-7).

скую пользу, но создает много геоэкологических проблем: разрушение берегов, размыв русла реки в нижнем бьефе, повышение уровня грунтовых вод, перестройка фауны водоема. При подъеме уровня водохранилища на соседних территориях повышается и уровень грунтовых вод, что вызывает подтопление сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и других объектов. Низко расположенные территории заболачиваются, что в целом ухудшает их санитарное состояние. Частые колебания уровня воды вызывают размывы и обрушение берегов, что приводит к расширению площади водохранилища относительно его первоначальных размеров [24, 29, 34].

Экологические проблемы Иркутского водохранилища особенно остро проявились в экстремальные по водности годы. В период повышенной водности (1983–1995 гг.) превышение отметки нормального подпорного уровня происходило 10 раз. По данным [27], с 1996 г. в бассейне озера установился рекордный по продолжительности маловодный период. Уровень оз. Байкал не удерживался на установленной законодательством минимально допустимой отметке 456 м и опускался в период экстремального маловодья (2015–2017 гг.) до 455.7 м.

По данным из Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области в 2021 г. [18], уровень воды оз. Байкал в 2021 г. повысился на 1.02 м, что на 0.07 м больше, чем в 2020 г. В целях минимизации рисков высоких расходов через Иркутскую ГЭС и с учетом стабилизации обстановки на р. Иркут, а также для предотвращения существенного повышения уровня Байкала осуществлялось поэтапное наращивание сбросных расходов Иркутской ГЭС, и к концу года уровень понизился до отметки 456.78 м Тихоокеанской системы высотных отметок (ТО), что выше, чем в 2020 г.

В настоящее время опубликовано большое количество работ по изучению химического состава вод оз. Байкал и р. Ангара [4, 5, 11, 12, 21, 26, 28, 35, 37]. Во временном аспекте фиксировались незначительные изменения ионного состава байкальских вод. Согласно данным Г.Ю. Верещагина [8] и К.К. Вотинцева [10], содержания

гидрокарбонат-иона, хлоридов, сульфатов, кальция, магния мало менялись.

Химический состав воды Ангара определяет прежде всего влиянием Байкала. “Основными характерными гидрохимическими особенностями, которые определяются особенностями питания Ангара, являются очень малая минерализация воды, малое изменение минерализации по длине реки и малая амплитуда внутригодовых колебаний минерализации. Эти особенности обусловлены тем, что основную массу воды реки составляет байкальская” (с. 57 в [5]).

Исследования ионного состава истока Ангара проводили многие исследователи. Исследованиями И.В. Глазунова [13] и В.И. Гребенщиковой с соавторами [20] выявлены незначительные колебания содержания гидрокарбонат-иона — от 67.63 до 66.52 мг/дм³, хлоридов — от 0.54 до 0.73, сульфатов — на более высоких уровнях — от 3.96 до 5.65. Весьма значимые изменения установлены и в содержании кальция и магния: 16.40–14.99 и 2.58–3.27 соответственно. Изменения содержания калия и натрия показали подвижность этих элементов — 3.98 до 4.71 мг/дм³ соответственно.

Цель исследования — дать характеристику р. Ангара от истока до г. Иркутска в историческом аспекте и определить особенности современного состояния Иркутского водохранилища и его притоков по гидрохимическим показателям.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования — акватории заливов Иркутского водохранилища от истока р. Ангара до плотины Иркутской ГЭС и притоки по левому и правому берегу.

Первое научное описание Ангара дала правительственная экспедиция Д.Г. Мессершмидта, работавшая в Сибири в течение 1720–1727 гг. Геодезистом П.Г. Чичаговым в 1725–1730 гг. была выполнена инструментальная съемка Ангара. Отрывочные сведения по изучению Ангара получены И.И. Гmeliным, Г.Ф. Миллером, С.П. Крашенинниковым. В конце XVIII в. академик П.С. Паллас опубликовал описание

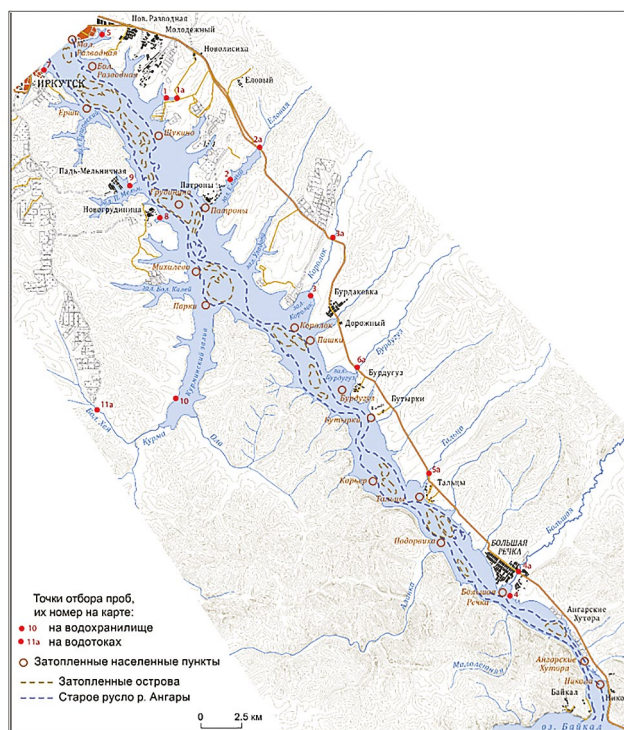


Рис. 1. Иркутское водохранилище: старое русло, населенные пункты, водотоки, точки отбора проб.

Прибайкалья. Детальное изучение Ангары и ее бассейна началось в середине XIX в., когда в Приангарье пришла экспедиция А.Ф. Миддендорфа. В конце XIX — начале XX вв. гидрографические работы были сосредоточены в ведомстве путей сообщения, так как реки имели значение прежде всего как транспортные пути. Геологическое изучение бассейна р. Ангары начаты И.Д. Черским, А.Л. Чекановским, П.К. Яворским и В.А. Обручевым. В начале XX в. на Ангаре стали проводиться регулярные гидрологические наблюдения за уровнями воды, стоком, температурой воды и т. д., а самый первый сбор информации начался в Иркутске в 1886 г. [17].

В 1920-х гг. гидрологи А.В. Вознесенский, В.Б. Шостакович, С.Л. Арцыбашев, С.Н. Лаптев и другие проводили исследования особенностей водного режима Ангары, специфики образования льда и других свойств реки [2].

В середине XX в. была опубликована работа Г.Ю. Верещагина [7], в которой детально изучен гидрологический режим Ангары на участке исток—Иркутск. В книге В.М. Малышева [25] (стр. 32) дано описание русла Ангары: “Вытекая

из Лиственничного залива Байкала, Ангара на протяжении 2.5 км течет в широком (около 1 км) каменном лотке, окаймленном непосредственно опускающимися к реке крутыми склонами Приморского хребта. Дальше на правом берегу русло отжимается нижней террасой, сложенной аллювием, постепенно приобретающей ширину в несколько км. На 6-м километре появляется первый остров на русле реки. Ниже 30 километра от истока количество галечных островов в русле становится уже настолько большим, что часто трудно опознать, куда направляется главный поток. Левый берег держится неизменно высоким до 73 км, где в Ангару впадает ее левый приток — р. Иркут. Правый берег почти на всем протяжении этого верхнего отрезка невысок, и лишь в 15–20 км от Иркутска непосредственно к реке подходит верхняя терраса, возвышающаяся над рекой на 25–30 м. Ширина речной долины на этом первом отрезке верхнего участка составляет в среднем 3–5 км, лишь в наиболее узких местах уменьшается до 2–2.5 км” (рис. 1).

В районе Иркутска планировалось построить три ГЭС: Байкальскую, Бархатовскую и Култукскую. Территория, отведенная под Байкаль-

скую ГЭС, характеризовалась более простыми геологическими условиями, чем территории других ГЭС района, а также освоенными площадями, что способствовало развитию индустриальной базы восточных окраин. Затопляемый лес и месторождения полезных ископаемых предполагалось выработать раньше поднятия подпора [6].

Согласно монографии “Гипотезы решения Ангарской проблемы”: “Число затопляемых поселений по р. Ангаре в пределах бьефа составит 12 с общим количеством дворов порядка 300. Культурные и пахотные земли попадут в зону затопления лишь в пределах жилых поселков” (25, с. 25). Предполагалось, что большого вреда сельскому хозяйству нанесено не будет, так как основными занятиями населения были рыбалка, заготовка и сплав леса.

В реальности, по официальным данным [31], в зоне затопления Иркутского водохранилища оказалось 138.6 тыс. га земли, ~32 тыс. га — это сельскохозяйственные поля, остальное — леса и луга. Более двух сотен населенных пунктов в той или иной степени пострадали: одна их часть ушла под воду целиком, жители другой были переселены (3.3 тыс. дворов, 17 тыс. человек), а некоторые потеряли часть улиц. Под водой оказались участок шоссейной дороги Иркутск—Листвянка и участок Транссиба от Иркутска до станции Байкал.

Большинство поселений, попавших под затопление, составляли малодворки, заимки. На правом берегу крупные поселения — Тальцы и Большая Речка, в остальных — по 5–6 домов. На левом берегу — Михалево, Грудино, станция Подорвиха. Деревни стояли каждая на своей речке. На правой стороне — Разводная — длинная деревня вдоль Ангары; Патроны, Бутырки — на речке Чернушке; Шукино, Пашки и Бурдаковк — на речке Королок; Бурдугуз, Тальцы и Большая Речка — на одноименных речках. В Тальцах был стекольный завод. На левой стороне Ангары стояли железнодорожные станции Подорвиха, Выдрино, Малолетка и большая деревня Михалево [33].

Из зоны затопления было перенесено и ликвидировано несколько промышленных пред-

приятий. Так, в пос. Тальцы был уничтожен стекольный завод, из пос. Большая Речка в новый поселок перенесена Большереченская судостроительная верфь, из с. Бурдугуз перебазирована Ангарская сплавная контора, была построена новая автодорога — по правому берегу водохранилища от г. Иркутска до пос. Лиственничного [30].

Из старых поселений на своих первоначальных местах остались населенные пункты в самом истоке Ангары — Листвянка, порт Байкал и Никола.

Левый берег Иркутского водохранилища крутой, менее доступный и малоосвоенный. В настоящее время большая часть населенных пунктов располагается не на побережье, а в удалении. Небольшие поселки, садоводства и турбазы в основном располагаются ближе к Иркутску. Правый берег более пологий и заселенный, на нем расположилось большое количество баз отдыха, детских лагерей, дачных и коттеджных поселков.

В Иркутском водохранилище насчитывается более 20 заливов — Еловый, Уладова, Королок, Бурдаковка, Бурдугуз и др. Самый большой из них — зал. Курминский, длина которого составляет 11 км, площадь — 20 км². На его берегах, а также в заливах Ерши, Бурдугуз, Мельничная падь, Еловый расположено множество туристических и рекреационных объектов.

На участке от истока до плотины Иркутской ГЭС в Ангаре впадает множество рек, речушек, ручьев и временных водотоков, основные — Большая, Тальца, Бурдугуз, Королок, Аланка, Курма (табл. 1).

Левобережные притоки берут начало в северных отрогах Восточного Саяна. Они имеют быстрое течение и многочисленные пороги, в обычном состоянии — короткие и маловодные. Летом могут быть полноводными за счет выпадающих осадков и таяния снега, накопившегося в их бассейнах в течение зимнего периода.

Правые притоки, стекающие с пологого берега, более протяженные и полноводные.

Таблица 1. Притоки Иркутского водохранилища (прочерк — нет данных; р. Курма (2.5 км) образуется от слияния рек Байсик (14 км) и Шинихта (19 км); у Курмы есть притоки Дабат (11 км) и Большая Хея

Название	Залив, куда впадает река	Расстояние от истока, км	Длина, км
Правые притоки			
Водоток — падь Банная,	Иркутское водохранилище	4	13.0
Водоток — падь Распопиха	То же	5	11.0
Водоток — падь Никулиха	“	6	11.0
Большая	“	15	37.0
Водоток — падь Щеглова	“	16	—
Тальца (Правая Тальца)	Тальцы	18	26.0
Бурдугуз (Правый Бурдугуз)	Бурдугуз	32	26.0
Королок	Королок	39	28.0
Левые притоки			
Водоток — падь Малолетняя	Иркутское водохранилище	11	—
Аланка	То же	16	19.0
Курма	Курминский	46	2.5

Качество воды водохранилища определяется химическим составом байкальских вод, являющихся основным источником формирования водной массы водохранилища.

При нормальном подпорном уровне (НПУ) 457 м площадь водохранилища составляет 17 тыс. га при уровне мертвого объема (УМО) 453–13 тыс. га. Полный объем — 2103 млн м³, полезный — 450 млн м³. Длина водохранилища — 56 км, максимальная ширина — 4.2 км, глубина у плотины ГЭС — 35 м, средняя — 10 м, площадь мелководий до 1 м — 65 км², от 1 до 2 м — 67.

До строительства Иркутской ГЭС в узких местах русла высота подъема воды достигала 9 м — зимой за счет скопления донного льда и шуги, летом за счет обильного выпадения осадков. Расход воды в истоке Ангары составляет 1855 м³/с.

В основу работы положены результаты полевых работ авторов в 2022 г., а также ранее опубликованные данные других исследователей. Анализируются материалы, полученные на участках Иркутского водохранилища, подверженных антропогенному воздействию разной степени, и водотоках, впадающих в водохранилище.

Отбор проб поверхностной воды осуществлялся в соответствии с ГОСТом [16]. Способ отбора проб определялся целями анализа и перечнем определяемых компонентов. Всего отобрано и проанализировано 98 проб. Температу-

ру в местах пробоотбора измеряли с помощью термометра. Химические анализы выполнены в лаборатории геохимии ландшафтов и географии почв и Химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН по стандартным методикам. Величину pH, содержание фторидов, хлоридов, гидрокарбонатов, фосфатов, аммония, нитритов, взвешенных веществ в воде определяли в полевых условиях с помощью полевой комплексной химической лаборатории с дополнительным оборудованием (рН-метр, фотоколориметр и др.) непосредственно в день отбора проб по стандартным общепринятым методикам с учетом требований ГОСТов [1, 14–15]. Определение химических элементов проводилось на приборе “Optima 2000DV” — оптическом эмиссионном спектрометре с индукционной плазмой и компьютерным управлением (фирма “Perkin Elmer LLC”, США), с чувствительностью от 0.001 до 50 000 мг/дм³ (для микро- и макроэлементов). Пробы воды для определения концентрации тяжелых металлов консервировались соляной кислотой и хранились в стеклянной посуде ≤5 сут.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За время существования водохранилища у него сформировался собственный гидрохимический режим, обусловленный физико-географическими особенностями территории водосбора и протекающими внутриводоемными процессами.

Настоящими исследованиями установлено, что концентрации ионов водорода в заливах Иркутского водохранилища меняются в пределах слабощелочных — от 8.04 до 8.35 единиц рН. Диапазоны колебаний различаются незначительно: по правому берегу минимальные значения — 8.04, максимальные — 8.29; по левому — 8.05 и 8.35 соответственно.

Заливы с правой стороны водохранилища в основном мелководные с хорошим прогревом воды, температура воды в июне уже достигала +16–24°С, а с левой стороны — более холодные с температурой воды 11.0–15.0°С.

По электропроводности воды оценивается общее содержание ионов [23]. В результате исследований обнаружено, что для Иркутского водохранилища характерна низкая электропроводность воды (122–166 мкСм/см), что свидетельствует о невысоких концентрациях ионов. Ранее установленная электропроводность воды Байкала — 111–117 мкСм/см. Водотоки, несущие воды в Иркутское водохранилище, имеют высокую электропроводность воды — 116–218 мкСм/см; исключение — р. Королок, электропроводность ее воды — 75 мкСм/см.

Содержание кислорода в поверхностных водах служит косвенной характеристикой качества поверхностных вод. На содержание кислорода в воде оказывают влияние температура воды и воздуха, атмосферное давление, количество осадков, а также степень ее минерализации. По данным полевых исследований, содержание кислорода в воде более прогретых заливов (правого берега) колеблется от 7.08 до 14.57 мг/дм³ при среднем значении 11.06, а в заливах левого берега (более холодных) — от 11.62 до 18.0 мг/дм³ при среднем значении 14.22.

Содержание основных ионов в воде Иркутского водохранилища и рек, впадающих в него, представлены на рис. 2. Установлено, что содержание фторидов колеблется от 0.145 до 0.185 мг/дм³, их минимальная концентрация — в зал. Большая Речка, а максимальная — в зал. Щучьем (коттеджный пос. Хрустальный парк). Обнаружены максимальные concentra-

ции хлоридов в заливах Королок (28.10 мг/дм³) и Щучий (11.01 мг/дм³) при средних значениях 4.02, что, по-видимому, связано с расположением на берегах заливов большого количества коттеджей, дачных и туристско-рекреационных объектов. Содержание сульфатов меняется незначительно (12.00–14.50 мг/дм³). Фосфаты содержатся в очень малых количествах — ниже предела обнаружения, и только в зал. Щучьем их концентрации составляют 0.133 мг/дм³. Содержание сульфат-ионов в заливах левого берега меньше — 11.50 мг/дм³, что, по-видимому, связано с более низкой температурой воды, меньшей заселенностью и доступностью для туристов.

Реки, впадающие в Иркутское водохранилище, характеризуются низкой минерализацией, более высоким содержанием хлоридов и сульфатов, чем воды заливов, что согласуется с данными, полученными Е.Н. Тарасовой и др. [36]. По сумме ионов воды исследованных притоков можно разделить на две группы. В первую группу можно отнести реки Еловую, Тальцу, Бурдугуз, Большая Хея (минерализация от 77 до 113 мг/дм³). Формирование химического состава их воды происходит среди юрских и четвертичных отложений. Ко второй группе относятся воды рек Королок и Большой с минерализацией от 35 до 57 мг/дм³. Химический состав их вод формируется за счет растворения продуктов выветривания кристаллических пород.

Концентрации ионов кальция колебались в пределах от 21.66 до 33.77 мг/дм³ (реки Еловая и Тальца соответственно). Ионы магния находятся в близких концентрациях в воде как водохранилища, так и в водотоках.

Для представления химического состава вод авторами данной статьи использована формула Курлова (табл. 2). Согласно данным В.И. Гребенщиковой с соавторами [19, 20], воды истока Ангара по гидрохимическим показателям относятся к сульфатно-гидрокарбонатному магниевому-кальциевому типу. Установлено, что данный тип вод определяется почти во всех заливах Иркутского водохранилища. Исключение составляют территории, где расположены населенные пункты, коттеджные поселки, садовые некоммерческие товарищества (СНТ) и дачные

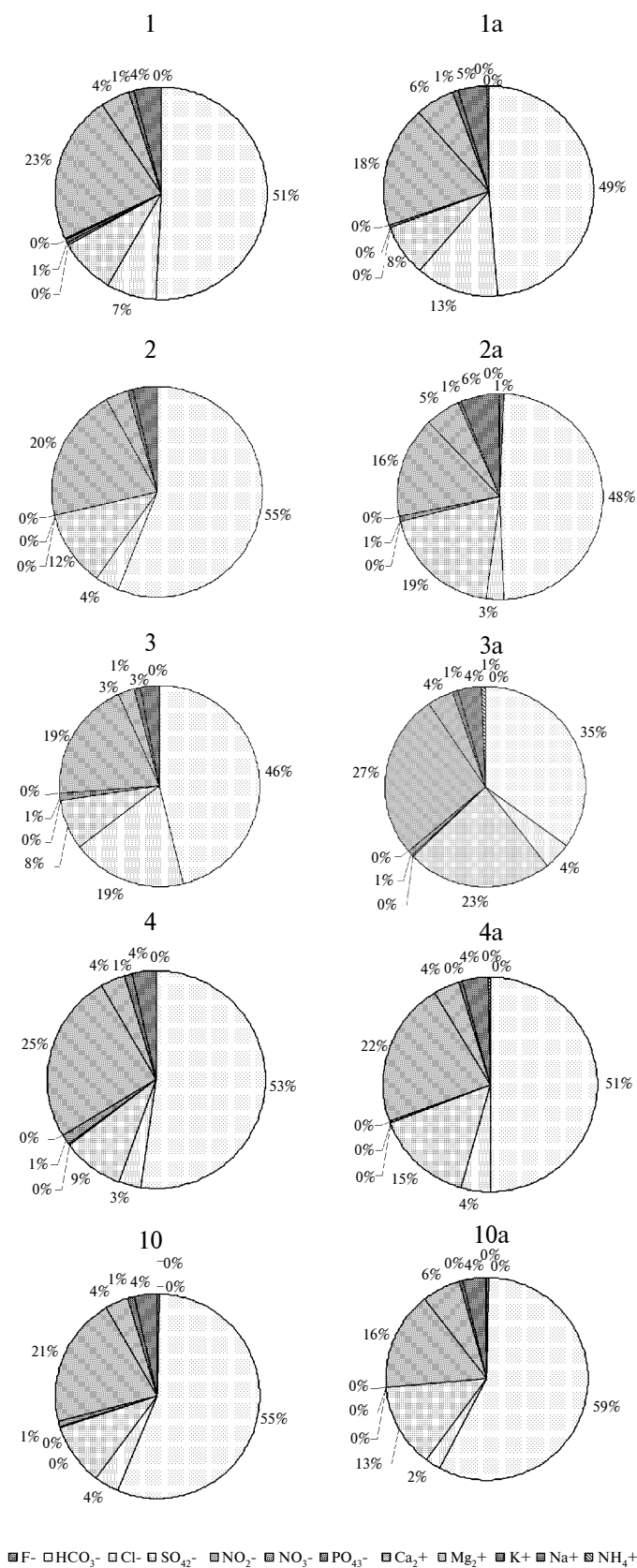


Рис. 2. Химический состав вод Иркутского водохранилища. Заливы: Ново-Лисихинский (1) и речка, впадающая в залив (1а); Еловый (2) и р. Еловая (2а); Королок (3) и р. Королок (3а); Большая речка (4) и р. Большая (4а); Курминский (10) и р. Большая Хейя (10а).

Таблица 2. Формула Курлова вод Иркутского водохранилища и его притоков, 2022 г.

№ точки	Местоположение	Формула Курлова
1	Ново-Лисиха, коттеджный пос. “Хрустальный парк”, залив	$M_{0.084} \frac{HCO_3 67 Cl 17 SO_4 14 T}{Ca 67 Mg 21 Na 10} T_{24.0}$
1a	Ново-Лисиха, коттеджный пос. “Хрустальный парк”, ручей впадает в залив	$M_{0.139} \frac{HCO_3 59 Cl 27 SO_4 13 T}{Ca 55 Mg 32 Na 12} T_{14.5}$
2	зал. Еловый	$M_{0.072} \frac{HCO_3 72 SO_4 19 Cl 8 T}{Ca 68 Mg 20 Na 10} T_{16.0}$
2a	р. Еловая	$M_{0.083} \frac{HCO_3 61 SO_4 30 Cl 6 T}{Ca 52 Mg 30 Na 17} T_{18.0}$
3	зал. Королок	$M_{0.066} \frac{HCO_3 51 Cl 36 SO_4 11 T}{Ca 71 Mg 17 Na 10} T_{26.0}$
3a	р. Королок	$M_{0.035} \frac{HCO_3 47 SO_4 40 Cl 11 T}{Ca 71 Mg 18 Na 9} T_{10.5}$
4	зал. Большая речка	$M_{0.060} \frac{HCO_3 73 SO_4 17 Cl 8 T}{Ca 72 Mg 18 Na 9} T_{18.0}$
4a	р. Большая	$M_{0.057} \frac{HCO_3 65 SO_4 24 Cl 10 T}{Ca 68 Mg 20 Na 11} T_{13.0}$
5	Залив, микрорайон “Солнечный”, стоянки лодок и яхт	$M_{0.072} \frac{HCO_3 75 SO_4 17 Cl 6 T}{Ca 66 Mg 20 Na 12} T_{18.0}$
5a	р. Тальца	$M_{0.113} \frac{HCO_3 56 SO_4 39 Cl 5 T}{Ca 62 Mg 31 Na 6} T_{11.0}$
6a	р. Бурдугуз	$M_{0.077} \frac{HCO_3 58 SO_4 35 Cl 6 T}{Ca 63 Mg 27 Na 9} T_{12.0}$
7	зал. Якоби, пляж	$M_{0.067} \frac{HCO_3 76 SO_4 15 Cl 7 T}{Ca 68 Mg 19 Na 10} T_{14.5}$
8	зал. Новогрудинино	$M_{0.063} \frac{HCO_3 75 SO_4 17 Cl 7 T}{Ca 58 Na 22 Mg 18} T_{11.0}$
9	зал. Падь-Мельничная	$M_{0.064} \frac{HCO_3 75 SO_4 16 Cl 8 T}{Ca 64 Mg 23 Na 11} T_{15.0}$
10	зал. Курминский	$M_{0.060} \frac{HCO_3 73 SO_4 16 Cl 9 T}{Ca 68 Mg 19 Na 10} T_{18.5}$
11a	р. Большая Хея	$M_{0.089} \frac{HCO_3 72 SO_4 21 Cl 5 T}{Ca 53 Mg 35 Na 10} T_{14.0}$
	Исток Ангары [19]	$M_{0.097} \frac{HCO_3 107 SO_4 12 Cl 2 T}{Ca 63 Mg 23 Na 12} T_{11.0}$

некоммерческие товарищества (ДНТ), где тип вод меняется на хлоридно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый вследствие увеличения хлоридов. Воды рек, впадающих в Иркутское водохранилище, относятся к сульфатно-гидрокарбонатному магниевый-кальциевому типу.

Результаты исследования микроэлементного состава вод заливов Иркутского водохранилища и его притоков представлены в табл. 3. Установлено, что такие элементы, как, барий, кобальт, ванадий, медь, цинк, присутствуют повсемест-

но. Железо и алюминий выявлены в основном в заливах, а кремний содержится в пределах базовых величин, тогда как в воде правых притоков обнаружены превышения в 2–4, левых – в 2 раза. Превышений содержания молибдена в воде водохранилища не выявлено. Минимальные значения зафиксированы в Курминском заливе, максимальные – в зал. Королок (0.009 и 0.1479 мг/дм³ соответственно). Увеличенные содержания обнаружены в заливах с антропогенным влиянием (Солнечный – стоянка катеров и яхт, Якоби – рекреационная деятельность). В водах

Таблица 3. Содержание микроэлементов в Иркутском водохранилище и его притоках, 2022 г.

№ точки	Местоположение	Mo	Ba	Al	Pb	Cu	Fe	Si	P	Zn	Sr	Co	Cr	V	Ag	Cd
1	Ново-Лисиха, котельный пос. "Хрустальный парк"	0.0351	0.537	0.0020	0.0206	0.0015	0	1.5906	0	0	0.6663	0.0016	0	0.0075	0.0008	0
1a	зал. Ново-Лисиха, котельный пос. "Хрустальный парк", ручей впадает в залив	0.0874	0.0768	0.0028	0	0.0027	0	8.6018	0.1364	0.0032	0.7769	0.0032	0.0007	0.0063	0.0009	0.0009
2	зал. Еловый	0.0390	0.0572	0.0044	0	0	0.0001	0.3524	0	0	0.5432	0.0030	0	0.0076	0.0002	0.0009
2a	р. Еловая	0.1202	0.0316	0	0.0042	0.0138	0	7.0590	0.0619	0.0022	0.4896	0	0	0.0088	0.0002	0
3	зал. Королок	0.1479	0.0522	0.0083	0.0061	0.0035	0	0.2085	0.0975	0.0017	0.5887	0.0007	0.0009	0.0076	0.0007	0.0009
3a	р. Королок	0.0679	0.0430	0.0476	0	0	0.2850	6.8731	0	0.0008	0.3220	0.0018	0	0.0083	0	0.0003
4	зал. Большая речка	0.0679	0.0308	0.0893	0.0109	0.0021	0	0.5561	0	0.0001	0.7460	0.0030	0	0.0100	0.0005	0
4a	р. Большая	0.0805	0.0297	0	0.0260	0.0010	0.0013	5.9923	0	0.0019	0.3607	0.0004	0	0.0101	0.0003	0.0002
5	Залив, микрорайон "Солнечный", стоянки лодок и яхт	0.1461	0.0514	0	0.0306	0.0117	0	0.2056	0	0.0012	0.5223	0.0014	0	0.0031	0	0.0005
5a	р. Талыа	0.1718	0.0565	0.0316	0	0	0.0754	5.1467	0	0.0006	0.7090	0.0001	0.0002	0.0079	0.0001	0.0012
6a	р. Бурдугуз	0.1216	0.0364	0	0	0.0134	0.0299	5.3420	0	0	0.8063	0.0022	0.0003	0.0088	0	0.0002
7	зал. Якоб, пляж	0.1086	0.0426	0	0.0036	0.0013	0	0	0.0494	0.0005	0.5047	0.0023	0.0015	0.0077	0.0006	0.0007
8	зал. Новогрудинно	0.0368	0.0450	0.0031	0.0043	0.0014	0	0.2524	0	0.0010	0.4794	0.0015	0.0004	0.0064	0.0007	0.0008
9	зал. Паль-Мельничная	0.0373	0.0453	0	0.0080	0.0016	0	0.1192	0	0	0.4897	0.0017	0	0.0073	0.0005	0.0002
10	зал. Курминский	0.0090	0.0426	0	0	0.0018	0	0.3145	0	0.0029	0.5172	0.0017	0	0.0102	0.0006	0
11a	р. Большая Хей	0	0.0450	0.0027	0	0.0004	0.0154	4.7599	0.1181	0.0010	0.4296	0	0.0001	0.0101	0	0.0009
Базовые уровни химических элементов в воде оз. Байкал [9]		0.8–1.5	9–11	0.1–1.0	0.03–0.06	0.2–1.0	0.1–1.6	0.5–2.0	11–24	0.4–4.3	96–107	0.02–0.05	0.03–0.09	0.3–0.6	0.001–0.004	0.001–0.010

рек правого берега содержание молибдена выше, чем в водах самого водохранилища. Так, в реках Еловой, Бурдугуз и Тальце его содержания были 0.1202, 0.1216 и 0.1718 мг/дм³ соответственно. В воде Большой Хеи этот элемент не выявлен. Свинец поступает в природные воды в процессе растворения и выщелачивания минералов, а также в результате сжигания углей, применения тетраэтилсвинца в моторном топливе и со сточными водами промышленно-селитебных зон. Это подтвердилось данными настоящего исследования в зал. Солнечном, где расположена стоянка катеров и яхт, концентрации находятся на нижней границе базовых величин. В воде притоков как левых, так и правых свинец не был обнаружен. Следует обратить внимание на р. Еловую, где был обнаружен свинец в незначительных количествах (неясной природы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов исследования современного состояния вод Иркутского водохранилища от истока р. Ангары до Иркутска показал, что регулирующее влияние Байкала на гидрохимические показатели Ангары сказывается на всем протяжении Иркутского водохранилища. Изменения гидрохимических показателей выявлены в заливах, где сказываются влияние впадающих в них рек и антропогенные факторы, такие как расположенные по берегам заливов многочисленные коттеджные поселки, СНТ, ДНТ и туристско-рекреационные объекты.

Выявлено, что заливы с правой стороны водохранилища — в основном мелководные с хорошим прогревом воды и средним содержанием кислорода 11.06 мг/дм³. Заливы левого берега более глубокие, и температура воды здесь значительно ниже, чем у заливов правого берега, содержание кислорода в воде меняется от 11.62 до 18.0 мг/дм³ при среднем значении 14.22.

В водах заливов установлена более высокая минерализация, чем в водах рек, впадающих в водохранилище. Концентрации хлоридов и сульфатов в реках выше, чем в заливах водохранилища, содержание ионов кальция колеблется от 21.66 до 33.77 мг/дм³ (реки Еловая и Тальца соответственно).

Отмечено, что сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый тип вод определяется почти во всех заливах Иркутского водохранилища. В заливах с антропогенным влиянием тип вод меняется на хлоридно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый вследствие увеличения хлоридов. Воды рек, впадающих в Иркутское водохранилище, относятся к сульфатно-гидрокарбонатному магниевый-кальциевому типу.

Анализ микроэлементного состава вод заливов Иркутского водохранилища и его притоков показал, что такие элементы, как барий, кобальт, ванадий, медь, цинк, присутствуют в водах как заливов, так и рек. Железо и алюминий выявлены в основном в заливах, но их содержание находится в базовых границах содержания микроэлементов в оз. Байкал.

Таким образом, установлено, что большая часть исследованных заливов и рек, впадающих в Иркутское водохранилище, в настоящее время не подвержены существенному влиянию антропогенных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцева Б.А.* Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 269 с.
2. *Александров И.Г.* Проблемы Ангары. М.; Л., 1931. С. 16.
3. Ангара, река, рожденная Байкалом [Электронный ресурс]. <http://asonov.com/goroda-i-strany/angara-reka-rozhdannaya-bajkalom.html> (дата обращения: 06.02.2023)
4. *Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Лопатина Д.Н.* Трансформация почв побережья Иркутского водохранилища и оз. Байкал (в границах Иркутской области) в результате влияния колебаний уровня водоемов // *Природа внутренней Азии* 2023. № 1 (23). С. 18–48.
5. *Бочкарев П.Ф.* Гидрохимия рек Восточной Сибири. Иркутск: Иркутское кн. изд-во, 1959. 155 с.
6. *Вампилова О.А.* Проблемы реки Ангары // *Огни Ангары*. 1975. 14 июня. С. 3.
7. *Верещагин Г.Ю.* Байкал. Иркутск: ОГИЗ, 1947. 168 с.
8. *Верещагин Г.Ю.* Термические периоды и образование донного льда на Ангаре // *Изв. АН СССР. ОМОН*. 1932. № 10. С. 1473–1484.

9. *Ветров В.А., Кузнецова И.А., Склярова О.А.* Базовые уровни химических элементов в воде озера Байкал // География и природ. ресурсы. 2013. № 3. С. 41–45.
10. *Вотинцев К.К.* Гидрохимия озера Байкал. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 310 с.
11. *Вотинцев К.К., Глазунов И.В.* Гидрохимический режим озера Байкал в районе пос. Лиственничное // Гидрохимическое исследование озера Байкал. Тр. Лимнол. ин-та. М.: Изд-во АН СССР, 1963. Т. 3 (23). С. 3–56.
12. *Гаченко А.С., Минаев В.В., Михайлов А.А., Хмельнов А.Е., Фереферов Е.С., Фёдоров Р.К., Воробьева И.Б., Власова Н.В.* Информационно-аналитическая система мониторинга и оценки антропогенного воздействия на экологию прибрежной зоны озера Байкал // География и природ. ресурсы. 2016. № S6. С. 174–179.
13. *Глазунов И.В.* Гидрохимический режим и химический сток реки Ангары // Гидрохимические исследования озера Байкал / Под ред. К.К. Вотинцева. Тр. Лимнол. ин-та. М.: Изд-во АН СССР, 1963. Т. III (XXIII). С. 57–94.
14. ГОСТ 17.1.5.04-81 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. 01.01. 1984.
15. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. М.: 1995. [Электронный ресурс]. // <http://gostvoda.ru/d/677526/d/4-gost-2874-82.pdf> (дата обращения: 14.02.2023)
16. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Рос. ин-т стандартизации, 2022. 17 с. [Электронный ресурс]. <https://files.stroyinf.ru/Index/74/74335.htm> (дата обращения: 07.06.2023)
17. Государственный архив Иркутской области. Фонд Р-1933. Оп. 7 (ОЦ). Д. 1236. Л. 16.
18. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области в 2021 году. Ижевск: Принт, 2022. 252 с.
19. *Гребенщикова В.И., Загорюлько Н.А.* Мониторинговые исследования микроэлементного состава воды истока Ангары // Вода: химия и экология. 2012. № 12. С. 3–8.
20. *Гребенщикова В.И., Загорюлько Н.А., Пастухов М.В.* Мониторинговые исследования ионного состава воды истока р. Ангары (озеро Байкал) // Вода: химия и экология. 2011. № 4. С. 2–8.
21. *Карнаухова Г.А.* Гидрохимия Ангары и водохранилищ Ангарского каскада // Вод. ресурсы. 2008. Т. 35. № 1. С. 72–80.
22. *Коваль П.В., Удодов Ю.Н., Андрулайтис Л.Д., Гапон А.Е., Склярова О.А., Чернигова С.Е.* Геохимические характеристики поверхностного стока озера Байкал // Докл. РАН. 2005. Т. 401. № 5. С. 663–667.
23. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Гидрогеохимия. М.: Недра, 1992. 463 с.
24. *Кудзи Е.М.* Перспективы развития Иркутской области // Иркутский гидроузел. Иркутск, 1957. С. 69.
25. *Малышев В.М.* Гипотеза решения Ангарской проблемы. М.; Иркутск, 1935. 121 с.
26. *Напрасникова Е.В., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Захарова Ю.Р.* Санитарно-экологическая оценка воды колодцев на побережье Байкала (п. Листвянка) // Сиб. мед. журн. (Иркутск) 2007. Т. 75. № 8. С. 63–65.
27. *Никитин В.М., Абасов Н.В., Болгов М.В., Осипчук Е.Н.* Устойчивость водохозяйственной системы бассейна реки Ангары в различных условиях водности // География и природ. ресурсы 2021. № 2. С. 103–113.
28. *Николаева М.Д.* К гидрохимии Иркутского водохранилища // Биология Иркутского водохранилища / Под ред. Г.И. Галазия. Тр. Лимнол. ин-та. М.: Наука, 1964. Т. II (31). С. 17–40.
29. *Овчинников Г.И., Павлов С.Х., Тржцинский Ю.Б.* Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ. Новосибирск: Наука, 1999. 254 с.
30. Переселенцы помнят, как по картофельным полям плавали щуки. [Электронный ресурс]. <http://baik-info.ru/sm/2008/33/004006.html>
31. Подводные миры. Восточно-Сибирская правда. 18.08.2020. [Электронный ресурс]. <https://irkutsk.bezformata.com/listnews/podvodnie-miri/86482014/> (дата обращения: 14.02.2023)
32. *Подгорная Т.И.* Оценка состояния и прогноз изменения окружающей среды под влиянием техногенных воздействий. Хабаровск: Ин-т архитектуры и стр-ва, ХГТУ, 1997. 37 с.
33. Река и люди. Из истории изучения и освоения Ангары, 25 июня 2015. [Электронный ресурс]. <https://baikalru.ru/baikal/angara-doch-baikala/reka-i-lyudi-iz-istorii-izuchenija-i-osv.html> (дата обращения: 20.02.2023)
34. *Рыбченко А.А., Кадетова А.В., Хак В.* Переработка участка берега Иркутского водохранилища, сложенного лессовидными породами // Геоморфология. 2014. № 2. С. 61–67.

35. Синюкович В.Н. Реконструкция естественного уровненного режима оз. Байкал после строительства Иркутской ГЭС // Метеорология и гидрология. 2005. № 7. С. 70–76.
36. Тарасова Е.Н., Мамонтов А.А., Мамонтова Е.А. Факторы, определяющие современный гидрохимический режим Иркутского водохранилища // Вода: химия и экология. 2015. № 7. С 10–17.
37. Шнейзер Г.М. Водноэкологический мониторинг и качество вод реки Ангары (под влиянием техногенеза) // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 138–140.