

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОНОВЫХ СОДЕРЖАНИЙ И КОЛИЧЕСТВА ХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В ПОТОКАХ “ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ”, ВПАДАЮЩИХ В ЮЖНЫЙ, СЕЛЕНГИНСКИЙ, СРЕДНИЙ, УШКАНЬЕОСТРОВСКИЙ, СЕВЕРНЫЙ РЕЗЕРВУАРЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Астраханцева О.Ю.¹, Белозерцева И.А.^{2,3}, Палкин О.Ю.⁴

¹ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г.Иркутск, e-mail: astra@igc.irk.ru;

²ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г.Иркутск;

³ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», г.Иркутск;

⁴Байкальский государственный университет экономики и права, г.Иркутск

Представлены среднегодовое содержание и количества компонентов в потоках “Подземные воды”, впадающих в Южный, Селенгинский, Средний, Ушканьеостровский, Северный резервуары оз. Байкал в мг/л, моль/кг и 10^9 г/год, 10^9 моль/год, рассчитанные по разработанной нами методике с использованием аналитических данных по химическому составу подземных вод, полученными учеными в период с 1968 по 1987 гг., апробированными в научной практике и опубликованными в научной литературе по оз. Байкал. Оценены масштабы подземного химического привноса в Южный, Селенгинский, Средний, Ушканьеостровский, Северный резервуары оз. Байкал и вклад потоков “Подземные воды” в химические балансы резервуаров. Подземные воды в Южном резервуаре являются основными поставщиками ряда элементов – несут основное количество K^+ и Cl^- и большое количество Na^+ и SO_4^{2-} , а в Северном резервуаре – большое количество Cl^- .

Ключевые слова: поток “Подземные воды”, химический баланс, резервуары, вещество вод оз. Байкал, химическое взаимодействие, вещество потоков природной составляющей окружающей среды.

RESEARCH OF BACKGROUND CONTENTS AND QUANTITY OF CHEMICAL COMPONENTS IN THE STREAMS "UNDERGROUND WATERS" FALLING INTO THE SOUTHERN, SELENGINSKY, AVERAGE, USHKANYEOSTROVSKY, NORTHERN TANKS OF LAKE BAIKAL

Astrakhanntseva O.Y.¹, Belozertseva I.A.^{2,3}, Palkin O.Y.⁴

¹A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, Irkutsk, e-mail: astra@igc.irk.ru;

²V.B. Sochava Institute of Geography, SB RAS, Irkutsk;

³Irkutsk state university, Irkutsk;

⁴Baikal state university of economy and right, Irkutsk

Mean annual contents and quantities of components in the streams "Underground waters" falling into the Southern, Selenginsky, Average, Ushkanyeostrovsky, Northern tanks of the Lake Baikal in mg/l, mol/kg and 10^9 g/year, 10^9 mol/year calculated on developed by us to a technique with use of analytical data on a chemical composition of underground waters received by the scientists during the period from 1968 to 1987 approved in scientific practice and published in scientific literature on the Lake Baikal are submitted. Scales of an underground chemical receipt at the Southern, Selenginsky, Average, Ushkanyeostrovsky, Northern tanks of the Lake Baikal and a contribution of streams "Underground waters" in chemical balances of tanks are estimated. Underground waters in the Southern tank are main suppliers of a number of elements – bear the main quantity of K^+ and Cl^- and a large number of Na^+ and SO_4^{2-} , and in the Northern tank – a large number of Cl^- .

Keywords: stream "Underground waters", chemical balance, tanks, substance of waters of the Lake Baikal, chemical interaction, substance of streams of a natural component of environment.

Для получения представления об исходном, предшествующем активным антропогенным нагрузкам, состоянии вещества в выделенных подсистемах и потоках в мегасистеме “вещество вод оз. Байкал – вещество окружающей среды (потоки)” необходимо оценить его природный фон – важнейший элемент, определяющий начальную точку отсчета для последующего сравнительного анализа, знать который нам необходимо и для решения следующей задачи – расчета химических балансов резервуаров и потоков мегасистемы

“вещество вод оз. Байкал – вещество окружающей среды (потoki)”. С точки зрения исторического времени, в периоде нескольких десятков лет, 1 год – время периодически повторяющихся процессов, поэтому среднемноголетние характеристики состояния вещества в исследуемой мегасистеме неизменны и могут являться физико-химическими характеристиками вещества систем и потоков как равновесные со среднегодовыми физико-химическими характеристиками окружающей среды. Методика определения среднемноголетних содержаний химических компонентов в потоках и водах оз. Байкал приведена на рис. 1.

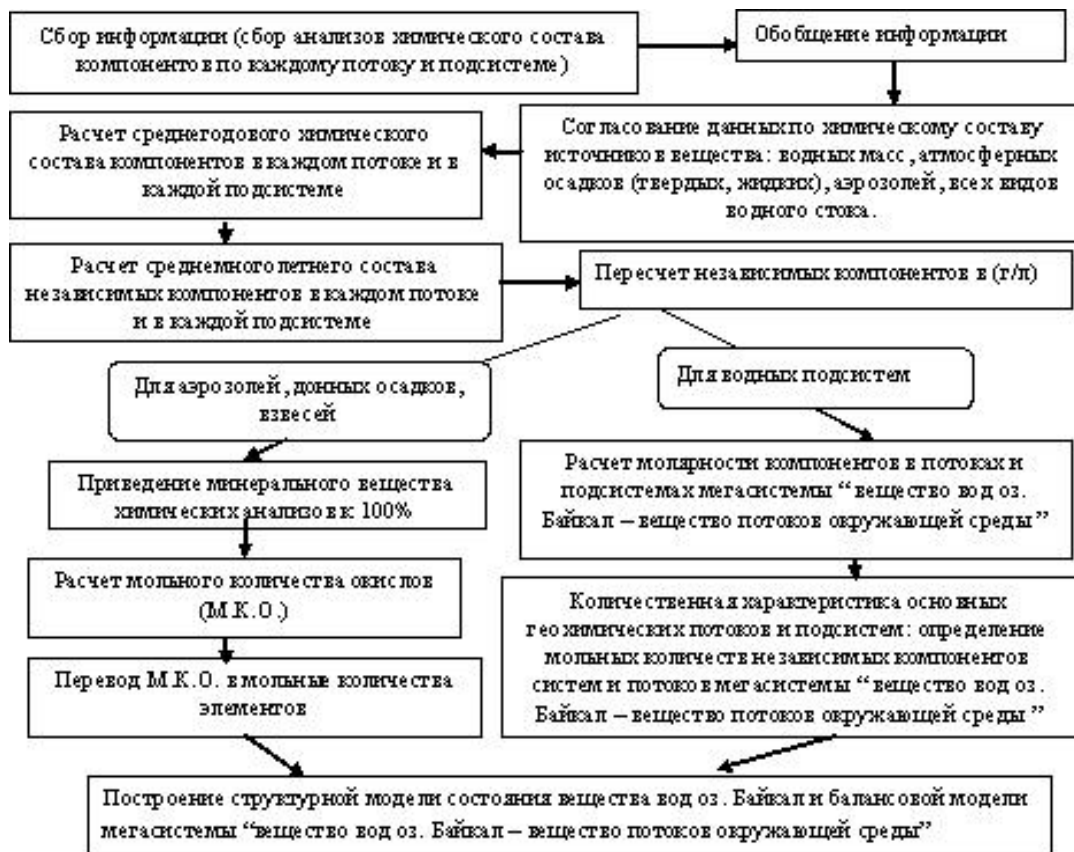


Рис. 1. Схема методики расчета химического состава независимых компонентов для физико-химической модели “Озеро Байкал”

Одной из задач в установлении функциональных характеристик в химическом взаимодействии вещества резервуаров озера с веществом потоков природной составляющей окружающей среды (реки, взвесь рек, дождь+снег, аэрозоль, подземные воды, минеральные воды, приток озерных вод из других резервуаров озера, поток из донных отложений, поток в донные отложения, сток озерных вод в другие резервуары озера и в реку Ангарау) является расчет среднемноголетних содержаний макро-, микро-, биогенных элементов и органического вещества в мг/л и моль/кг и их количества в г/год и моль/год в веществе вод, донных отложений оз. Байкал и потоках, впадающих в озеро и вытекающих из него в отрезок времени, предшествующий активным антропогенным нагрузкам.

Цель данной работы – оценить масштабы подземного химического привноса с потоками “Подземные воды” для каждого резервуара оз. Байкал и показать вклад этих потоков в химические балансы резервуаров озера. В представленной работе использованы аналитические данные, апробированные в научной практике и опубликованные в научной литературе по подземным водам Байкальской гидрогеологической области [10; 11; 13; 15; 17].

Большинство ученых понимают под подземным стоком процесс и количественную характеристику ресурсов подземных вод. К вопросу гидрогеологического районирования Прибайкалья и Бурятии исследователи обращались неоднократно. Р.Я. Колдышев и Д.Ф. Мызников [1970] гидрологические области выделяют на основе геоструктурного фактора, а границы между ними проводятся с учетом возраста складчатости и положения водоразделов подземного стока. Выделенные области обладают сходными условиями залегания, накопления и стока подземных вод. На территории Бурятской АССР выделяются следующие гидрогеологические складчатые области: Байкальская, Восточно-Саянская, Западно-Забайкальская, Олекмо-Витимская, Витимо-Патомская гидрогеологическая складчатая область. С восточной стороны оз. Байкал окружают гидрологические складчатые области: Байкальская и Восточно-Саянская [12].

Гидрологическое районирование Иркутской области приведено в работе И.С. Ломоносова [12]: Артезианские бассейны: I. Ангаро-Ленский включает: 1.Окино-Непский артезианский бассейн; 2. Муйский; 3. Каннский; 4. Иркутский; 5. Лено-Киренский. II. Тунгусский артезианский бассейн 1-го порядка; III. Якутский.

Иркутский артезианский бассейн включает бассейны 3-го порядка: 1) район платформенной части бассейна; 2) район субгеосинклинальной части бассейна; 3) район южной краевой части бассейна. В соответствии с нашим разделением оз. Байкал на резервуары (Южный, Селенгинский, Средний, Ушканьеостровский, Северный) разделим и районы второго порядка (табл. 1).

Таблица 1

Артезианские бассейны и бассейны трещинных вод Байкальской гидрогеологической области, вмещающие подземные воды – потоки в резервуары оз. Байкал

Резервуары	Бассейны трещинных вод высокогорных хребтов	Артезианские бассейны байкальского типа
Южный	Приморский, Хамар-Дабан (северный склон), Байкальский	Тункинский, Торский, Южно-Байкальский, Мондинский, Хотогольский, Туранский, Быстринский, Танхойский, Иркутский
Селенгинский	Хамар-Дабан, Морской, Приморский (западный берег)	Усть-Селенгинский, Селенгино-Итанцинский, Хаимский
Средний	Приморский, Морской, Улан-Бургасы	Котокельский, Баргузинская группа: Максимихинский, Усть-Баргузинский, Баргузинский, Богундский, Гаргинский
Ушканье-	Байкальский (западный берег),	

островский	Баргузинский и горная часть полу-острова Святой Нос	
Северный	Байкальский (западный берег), Икатский, Баргузинский, Кичерский, Верхне-Ангарский	Байкальский северный (Усть-Верхнеангарский), Верхнеангарский, Кичерский, Иркский

Байкальская гидрогеологическая область характеризуется резко расчлененным рельефом, наличием крупного озера Байкал и его геологоструктурных (“сухопутных”) аналогов – межгорных артезианских бассейнов байкальского типа. Как район первого порядка, Байкальская гидрогеологическая область подразделяется на районы второго порядка: артезианские бассейны и бассейны трещинных вод (табл. 1). Классификация подземных вод осуществляется на основе генетического и геолого-структурного принципа: 1. горные массивы, содержащие трещинные воды в кристаллических породах горного обрамления межгорных впадин; 2. межгорные впадины, содержащие порово-пластовые и трещинно-пластовые воды в осадочных образованиях.

В пределах Байкальской гидрогеологической области горные породы, вмещающие подземные воды, на протяжении последних 30 млн. лет находятся в зоне тектонической активизации. В результате этого многие древние разрывные нарушения обновлялись, происходило и происходит формирование новых разломов. Так как породы находятся под влиянием процессов растяжения, многие разрывные нарушения оказались хорошо проницаемыми для вод.

Байкальская гидрогеологическая область представлена трещинными водами высокогорных массивов, сложенных разновозрастными кристаллическими породами, и артезианскими бассейнами байкальского типа, расположенными в кайнозойских межгорных впадинах, выполненных мощной толщей рыхлых отложений четвертичного и неогенового возраста. Горные хребты и межгорные впадины в этой области разграничены глубинными тектоническими разломами протяженностью в сотни километров, глубина проникновения разломов в земную кору достигает десятков километров. По этим разрывным нарушениям происходит разгрузка горячих трещинно-жильных вод, выходы которых фиксируются в различных частях рифта [13]. Водовмещающие породы образуют два структурных яруса, хорошо различающиеся по характеру водоносности – осадочный чехол и подстилающий его кристаллический фундамент. Осадочный чехол включает: 1) рыхлые четвертичные отложения; 2) неогеновые отложения: а) грубообломочные; б) угленосные; 3) нерасчлененные кембрийские отложения байкальской горной области [16].

Существует вертикальная гидрохимическая зональность пресных подземных вод в горных районах Юго-Восточной Сибири: выделены три гидрохимические зоны – высокогорная, среднегорная, предгорная. Они характеризуются различной минерализацией и химическим составом подземных вод [15].

Артезианские бассейны во впадинах байкальского типа можно подразделить на две группы: 1) внутренние бассейны (Байкальский, Верхне-Ангарский, Баргузинский, Муйский, Ципинский и др.) – чехол сложен осадочными породами, присутствуют глубинные очаги тепла, способствующие формированию месторождений термальных вод; 2) краевые бассейны (Тункинский, Чарский). Чехол – осадочно-вулканогенные породы. В разрезе артезианских бассейнов во впадинах байкальского типа выделяются три структурных этажа, отличающиеся условиями формирования, характером питания, разгрузки и зональности подземных вод: 1. Верхний структурный этаж – осадочных и осадочно-вулканогенных отложений с мощностью от 50-100 м в краевых, 2500-3000 м в центральных бассейнах. Он совпадает с зоной пресных гидрокарбонатно-кальциевых и кальциево-натриевых вод с минерализацией 0.3-0.4 г/л. Газовый состав – O_2 и N_2 . Верхний структурный этаж составляют: а) верхняя гидрогеодинамическая зона свободного водообмена – от 30 до 400 м; б) зона затруднительного водообмена – пространственно совпадает с гидрогеохимической зоной пресных гидрокарбонатно-натриевых вод с минерализацией 0.5 – 0.8 г/л. Газы – азот, метан; в) нижняя гидрогеодинамическая зона весьма затруднительного водообмена – в нижней части песчано-глинистых осадков неогена. Водных горизонтов почти нет, есть линзы. Воды – либо захороненные, либо отжатые из глин. Зона пресных и слабосоленоватых гидрокарбонатно-натриевых вод с минерализацией 1-1.5 г/л. Газы – метаморфического происхождения. 2. Средний структурный этаж – обломочных, грубообломочных, слабосцементированных неогеновых отложений нижней части осадочного чехла. Мощность – 500 м. Зона затруднительного водообмена – во внутренней части. Зона свободного водообмена – в краевых частях бассейнов. Гидрогеохимическая зона пресных и солоноватых гидрокарбонатных, хлоридно-гидрокарбонатных и хлоридных натриевых вод с минерализацией 0.3-3.6 г/л. Существуют различия в физико-химическом и газовом составе вод. 3. Нижний структурный этаж – кристаллические породы фундамента.

На периферии бассейнов – породы фундамента (горные массивы) выходят на поверхность. Сток – к внутренним частям впадин: а) неглубокий, с разгрузкой вод вблизи контакта с осадочными толщами; б) глубокий, с разгрузкой вод по пересекающимся зонам разломов в центральной части артезианских бассейнов, где фундамент погружен на значительную глубину.

Углекислые термы – восходящие потоки, связанные с очагами недавней вулканической деятельности – приурочены к бортовым частям бассейнов. Азотные термы – вне участков вулканической деятельности, в активных разломах глубокого заложения в бортах бассейнов. Метановые термы – во внутренних частях бассейнов, где трещинно-жильные воды разгружаются в отложения зоны затрудненного водообмена среднего этажа.

Подземный сток в Байкал включает: 1) подрусловый сток в речных долинах; 2) склоновый сток с междуречных пространств; 3) родниковый сток с береговой полосы; 4) субмаринный приток в пределах акватории [17].

Данные по подземным водам артезианских бассейнов и гидрогеологическим массивам, окружающим оз. Байкал, были собраны и обработаны по следующей методике:

1. Сбор информации. Анализы подземных пластовых вод (по геологическим периодам: четвертичному, неогеновому, юрскому) и жильно-трещиновых вод представлены в работах [10; 11; 13; 15].

2. Компьютерная обработка информации: а) построение таблиц для пластовых и жильно-трещинных вод водосборных бассейнов пяти резервуаров: Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского, Северного; б) вынесение анализов на трехмерные анионные и катионные графики.

3. Группировка анализов пластовых и жильно-трещинных вод по классам для каждого из пяти выделенных резервуаров (классификация природных вод по О.А. Алекину).

4. Для каждого геологического периода выведение среднего содержания химических элементов по каждому классу пластовых и жильно-трещинных вод для водосборных бассейнов пяти выделенных резервуаров: Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского, Северного.

5. Выведение средних содержаний химических элементов по одинаковым классам вод разных геологических периодов для водосборных бассейнов пяти выделенных резервуаров.

В существующих анализах подземных вод элементы K^+ и Na^+ по отдельности не приводятся, а существуют в виде суммы $K^+ + Na^+$. Нам же для расчета химических балансов резервуаров озера необходимо знать содержание K^+ и Na^+ . В работе А.М. Плюснина и В.И. Гунина [18] приведены анализы подземных вод мезозойских впадин Забайкалья, входящих в состав континентального рифта: подземных вод юрских отложений Нижнее-Оронгойской впадины; грунтовых вод Заганского хребта; источников трещинно-жильных вод Хилокской впадины; трещинно-порово-пластовых вод Тунгуйской мезозойской впадины; источников подземных вод кристаллического обрамления Тунгуйской впадины. Следовательно, в работе [18] имеются: пластовые воды: - воды неогеновых отложений: гидрокарбонатный класс, натриево- кальциевая группа; гидрокарбонатный класс, смешанная группа; гидрокарбонатный класс, кальциево-натриевая группа; - воды юрских отложений: гидрокарбонатный класс, кальциево-натриевая группа; трещинные воды: гидрокарбонатный класс, смешанная группа; гидрокарбонатный класс, натриевая группа. Так как нас интересует процентные содержания K^+ и Na^+ , то мы и определяем их в анализах А.М. Плюснина и В.И. Гунина [18] (табл. 2).

Таблица 2

Содержание K^+ и Na^+ в анализах подземных вод мезозойских впадин Забайкалья [18]

Отложения	(Na^+K^+) , % от минерализации	K^+ , % от Na^+	K^+ , % от минерализации	класс, группа
неогеновые	4,06	20	0,68	гидр. кл., натр.-кальц.гр.
	10,44	5,82	0,57	гидр. кл.,смеш.гр.
	15,9	2,486	0,39	гидр.кл., кальц.-натр. гр.
юрские	8,45	5,83	0,43	гидр.кл., кальц.-натр. гр.
трещинные	11,33	3,8	0,415	гидр. кл.,смеш.гр.
	10,76	4,91	0,504	гидр. кл.,смеш.гр.
	28,84	2,92	0,819	гидр. кл., натр.гр.
юрские	18,039	0,413	$7,43 \times 10^{-2}$	сульф.кл., натр.гр.

Отсюда находим средние содержания для каждого класса вод (табл. 3).

Таблица 3

Средние содержания K^+ для каждого класса вод [18]

Na^+K^+ , % от минерализации	K^+ , % от Na^+	K^+ , % от минерализации	класс
10,84	4,84	0,4978	гидр.кл., смеш.гр.
12,2	3,93	0,43	гидр.кл., кальц.-натр.гр.
28,84	2,92	0,819	гидр.кл., натр.гр.
4,06	20	0,68	гидр.кл., натр.-кальц.гр.
18,04	0,41	$7,43 \times 10^{-2}$	сульф.кл., натр.гр.

Следовательно, выведена зависимость K^+ от минерализации и от Na^+ . Среднее процентное содержание K^+ от Na равно 4.43 %, а K^+ от минерализации – 0.5 %.

Для рассолов процентное содержание
$$K = K * 10^2 / \Sigma \text{солей} \quad (1)$$

обычно составляет 0.01 – 0.26 % от суммы солей [14].

Среднемноголетние содержания компонентов в потоках “Подземные воды” представлены в мг/л в таблице 4. Поскольку подземные воды имеют самый “пестрый” состав, для каждого резервуара они представлены по классам и группам.

В [2] рассчитан и приведен среднемноголетний годовой водный сток потоков “Подземные воды” для каждого резервуара. Поскольку водный сток каждой группы не известен, но рассчитан общий среднемноголетний годовой водный сток потока “Подземные воды” для каждого резервуара, то согласимся, что внутри резервуаров водный среднемноголетний годовой сток у всех групп подземных вод одинаковый и равен делению общего среднемноголетнего годового водного стока потока “Подземные воды” для каждого резервуара на количество групп подземных вод в данном резервуаре. Используя уравнение: $m = C * v \quad (2)$, где v – водный среднемноголетний годовой сток (л/год), C – среднемноголетнее содержание компонентов в мг/л, получим m – количество компонентов (в тыс. т/год) для каждой группы подземных вод в потоках “Подземные воды” для каждого резервуара (табл. 5).

Таблица 4

Среднемноголетние содержания компонентов в потоках “Подземные воды”, впадающих в резервуары оз. Байкал

Компонент	Подземные воды, (мг/л)					
	Южный резервуар					
	Гидро-карб. кл., кальц. гр.	Гидро-карб. кл., кальц.-натр. гр.	Гидро-карб. кл., кальц.-магн. гр.	Гидро-карб. кл., смеш. гр.	Гидро-карб. кл., натр. гр.	Гидро-карб. кл., натр.-кальц. гр.
K ⁺	0	1,1	0	2,04	8,53	5,81
Na ⁺	5,38	34,89	3,79	38,48	183,5	108,3
Ca ²⁺	41,41	51,33	55,44	40,54	19,41	58,83
Mg ²⁺	11,27	11,88	43,67	13,69	5,6	32,88
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	6,9	«-»
SiO ₂	«-»	12	«-»	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	0,8	14,4	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	25,89	13,34	0,48	4,05	22,08	11,45
HCO ₃ ⁻	172,8	246,2	384,3	261,5	449,5	603,2
Cl ⁻	6,16	12,66	7,62	7,96	34,94	24,45
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	0,9	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
V	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Br	«-»-	«-»-	«-»-	«-»-	«-»-	13,7
CO ₂	«-»	4,4	«-»	9,46	4,9	«-»
N ₂ +ред газы	«-»	75,86	61,16	«-»	«-»	«-»
CO ₂ св	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
pH	7,4	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4
T ⁰ C	4,6	4,3	4,5	4,5	8	12
Минерализация	263,81	464,46	570,9	377,7	735,4	858,6
Источник	11	15	15	15	11	15

«-» - нет данных

Продолжение таблицы 4

Среднегодовые содержания компонентов в потоках “Подземные воды”, впадающих в резервуары оз. Байкал

Компонент	Подземные воды (мг/л)						
	Южный резервуар						
	Пластовые		Жильно-трещиновые				
хлорид. кл., натр. гр.	сульф. кл., натр.гр.	сульф.-гидр. кл., кальц.-натр.гр.	гидро-карб. кл., натр. гр.	гидро-карб. кл., смеш. гр.	гидро-карб. кл., натр.-кальц. гр.	гидро-карб. кл., кальц. гр.	
K ⁺	6962,03	7,87	0,1	0,66	0,86	0,49	0,18
Na ⁺	7,47	3320,18	80	11,14	17,04	9,41	4,06
Ca ²⁺	800,15	203,9	203,1	4,26	24	6,3	29,36
Mg ²⁺	318,1	5,8	38,55	0,48	5,6	1	8,1
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SiO ₂	«-»	«-»	«-»	14,4	«-»	10	8
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	2561,75	5587,5	498,45	4,23	12,7	1,6	1,6
HCO ₃ ⁻	152,5	178,4	327,9	28,97	118,9	36,6	118,64

Cl ⁻	11444	1284	9,45	4,312	7,1	6,3	6,14
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	2
NH ₄ ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	0,1
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	11,7	«-»	«-»	7,8
Br	0,1	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	«-»	«-»	«-»	9,7	«-»	«-»	«-»
N ₂ +ред газы	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂ св	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	6,05	9,7
pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
T ⁰ C	6	5,5	4	2,4	2,4	2,4	2,4
Мин-ция	22246,1	10587,6 5	1157,55	89,852	186,2	71,7	185,98
Источник	10	10	10	15	10	10	10

Продолжение таблицы 4

Среднегодовые содержания компонентов в потоках “Подземные воды”, впадающих в резервуары оз. Байкал

Подземные воды, (мг/л)					
Селенгинский резервуар					
Пластовые					Жильн.-трещ
Компо- нент	Гидро-карб. кл., кальц. гр.	Гидро-карб. кл., кальц.- натр. гр.	Гидро-карб. кл., натр. гр.	Гидро-карб. кл., натр.- кальц. гр.	Гидро-карб. кл., смеш. гр.
K ⁺	0	3,44	7,15	3,003	2,98
Na ⁺	8,4	431,3	162,42	50,78	72,92
Ca ²⁺	72,4	211,28	65,92	31,68	49,7
Mg ²⁺	11,12	0	2,17	2,77	31
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SiO ₂	5,5	«-»	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	13,69	32,09	10,12	39,89	141,1
HCO ₃ ⁻	183,63	146,45	247,75	291,39	317,2
Cl ⁻	11,03	13,47	234,64	14,73	7
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	0,1	2,3	«-»	«-»	«-»
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	2,63	«-»	6,92	«-»	«-»
CO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
N ₂ +ред газы	«-»	«-»	47,53	«-»	«-»
CO ₂ св	«-»	«-»	2,23	«-»	24
pH	7,3	7,3	7,3	7,3	6,9
T ⁰ C	4,6	46,3	46,3	46,3	2,4
Мин-ция	308,5	840,33	779,7	434,243	621,9
Источник	11	11	11	11	11

Среднегодовые содержания компонентов в потоках “Подземные воды”, впадающих в резервуары оз. Байкал

Подземные воды, (мг/л)								
Средний резервуар								
Пластовые					Жильно-трещ.			
Компо- нент	гидро- карб. кл., кальц. гр.	Гидро- карб. кл., кальц.- магн. гр.	Гидро-карб. кл., кальц.- натр. гр.	Гидро- карб.кл., смеш. гр.	Гидро-карб. кл., натр.- кальц. гр.	Гидро- карб. кл., кальц. гр.	Гидро-карб. кл., натр.гр.	Гидро-карб. кл., смеш. гр.
K ⁺	0,22	0,21	1,04	1,66	1,99	0,16	1,22	2,46
Na ⁺	5,05	4,74	16,63	28,04	45,2	3,54	28,68	45,77
Ca ²⁺	51,1	62,2	33,68	24,05	28,24	25,8	11,2	33,1
Mg ²⁺	2,71	35	6,73	10,94	5,504	5,7	0	36,3
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SiO ₂	4,65	5,2	8	1	4	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	0,1	«-»	«-»	«-»	0,3	«-»	0,3	«-»
SO ₄ ²⁻	15,21	17,56	12,07	12	16,02	0,4	0	18,5
HCO ₃ ⁻	144,75	186	147,53	170,85	158,4	106,8	85,4	384,6
Cl ⁻	5	6	10,43	10,64	37,05	5	21,3	14,13
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	0,2	0,08	1	0,1
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	0,12
CO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	4,4	8,1	0,7	22
N ₂₊ ред газы	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂ св	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
pH	7,1	7,4	7,1	7,1	6,9	6,9	6,9	6,9
T ⁰ C	4,7	4,7	26,8	26,8	2	2	2	2
Мин-ция	228,79	228,79	236,11	259,18	301,30	155,58	149,8	557,08
Источник	11	11; 15.	11	11	10; 15	10; 15	10; 15	10; 15

окончание таблицы 4

Среднегодовые содержания компонентов в потоках “Подземные воды”,
впадающих в резервуары оз. Байкал

Подземные воды, (мг/л)				
Северный резервуар				
Пластовые		Жильно-трещиновые		
Компонент	гидрокарб. кл., смеш. группа	гидрокарб. кл., кальц. группа	гидрокарб. кл., смеш. группа	гидрокарб. кл., натр. группа
K ⁺	0,33	0,36	0,3	0,8
Na ⁺	5,37	8,19	26,29	17,39
Ca ²⁺	7,02	33,37	7,02	7,02
Mg ²⁺	2,13	1,595	1,06	2,13
Al	«-»	«-»	«-»	«-»
SiO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	2,38	3,57	3,56	14,26
HCO ₃ ⁻	36,6	122	24,4	48,8
Cl ⁻	4,22	3,52	2,81	7,73
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	«-»
Br	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»
N ₂ +ред газы	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂ св	«-»	«-»	«-»	«-»
pH	6,78	6,78	6,8	6,8
T ⁰ C	4,5	4,5	3	3
Минерализация	58,05	172,59	65,45	98,14
Источник	15	15	10; 15	10; 15

Таблица 5

Среднеголетние количества компонентов, поступающие с потоками “Подземные воды” в резервуары оз. Байкал

Компонент	Подземные воды, (г/год)					
	Южный резервуар					
	Пластовые					
	гидрокарб. кл., кальц. гр.	гидрокарб. кл., кальц.-натр. гр.	гидрокарб. кл., кальц.-магн. гр.	гидрокарб. кл., смеш. гр.	гидрокарб. кл., натр. гр.	гидрокарб. кл., натр.-кальц. гр.
K ⁺	0	1,61x10 ⁶	0	2,97x10 ⁶	1,24x10 ⁷	8,48x10 ⁶
Na ⁺	7,85x10 ⁶	5,09x10 ⁷	5,53x10 ⁶	5,62x10 ⁷	2,68x10 ⁸	1,58x10 ⁸
Ca ²⁺	6,05x10 ⁷	7,64x10 ⁷	8,09x10 ⁷	5,92x10 ⁷	2,83x10 ⁷	8,59x10 ⁷
Mg ²⁺	1,64x10 ⁷	1,73x10 ⁷	6,38x10 ⁷	2x10 ⁷	8,18x10 ⁶	4,8x10 ⁷
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Si	«-»	8,17x10 ⁷	«-»	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	1,17x10 ⁷	2,1x10 ⁸	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	3,78x10 ⁷	1,95x10 ⁷	6,94x10 ⁵	5,92x10 ⁶	3,22x10 ⁷	1,67x10 ⁷
HCO ₃ ⁻	2,52x10 ⁸	3,59x10 ⁸	5,61x10 ⁸	3,82x10 ⁸	6,56x10 ⁸	8,81x10 ⁸
Cl ⁻	8,99x10 ⁶	1,85x10 ⁷	1,11x10 ⁷	1,16x10 ⁷	5,1x10 ⁷	3,57x10 ⁷
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	1,31x10 ⁷	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»

H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
S _{орг}	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	«-»	6,42x10 ⁶	«-»	1,38x10 ⁷	7,15x10 ⁶	«-»
N ₂ +ред. газы	«-»	1,11x10 ⁸	8,93x10 ⁷	«-»	«-»	«-»
Всего	3,84x10 ⁸	5,44x10 ⁸	7,23x10 ⁸	5,38x10 ⁸	1,06x10 ⁹	1,23x10 ⁹
pH	7,4	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4
T ⁰ C	4,7	4,3	4,5	4,5	8	12

Продолжение таблицы 5

Среднемноголетние количества компонентов, поступающие с потоками “Подземные воды” в резервуары оз. Байкал

Подземные воды, (г/год)							
Компоне нт	Южный резервуар						
	Пластовые			Жильно-трещиновые			
	хлорид кл., натр. гр.	сульф. кл., натр.гр.	сульф.- гидр. кл.,кальц. - натр.гр.	гидро- карб. кл., натр. гр.	гидро- карб. кл., смеш. гр.	гидро- карб. кл., натр.- кальц. гр.	гидро- карб. кл. кальц. гр
K ⁺	1,02x10 ¹¹	1,15x10 ⁸	1,46x10 ⁶	9,58x10 ⁶	1,25x10 ⁷	7,09x10 ⁶	2,61x10 ⁶
Na ⁺	1,09x10 ⁸	4,85x10 ¹⁰	1,17x10 ⁹	1,63x10 ⁸	2,49x10 ⁸	1,37x10 ⁸	5,93x10 ⁷
Ca ²⁺	1,17x10 ¹⁰	2,98x10 ⁹	2,97x10 ⁹	6,21x10 ⁷	3,5x10 ⁸	9,2x10 ⁷	4,29x10 ⁸
Mg ²⁺	4,64x10 ⁹	8,47x10 ⁷	5,63x10 ⁸	7,07x10 ⁶	8,18x10 ⁷	1,46x10 ⁷	1,18x10 ⁸
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Si	«-»	«-»	«-»	9,8x10 ⁷	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	3,74x10 ¹⁰	8,16x10 ¹⁰	7,28x10 ⁹	6,17x10 ⁷	1,85x10 ⁸	2,34x10 ⁷	2,34x10 ⁷
HCO ₃ ⁻	2,23x10 ⁹	2,6x10 ⁹	4,79x10 ⁹	4,23x10 ⁸	1,74x10 ⁹	5,34x10 ⁸	1,73x10 ⁹
Cl ⁻	1,67x10 ¹¹	1,87x10 ¹⁰	1,38x10 ⁺⁸	6,3x10 ⁺⁷	1,04x10 ⁺⁸	9,2x10 ⁺⁷	8,96x10 ⁺⁷
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	2,92x10 ⁺⁷
NH ₄ ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	1,46x10 ⁺⁶
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	1,7x10 ⁺⁸	«-»	«-»	1,14x10 ⁺⁸
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	«-»	«-»	«-»	1,42x10 ⁺⁸	«-»	«-»	«-»
N ₂ +ред. газы	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂ св.	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	8,83x10 ⁺⁷	1,42x10 ⁺⁸
Всего	3,3x10 ⁺¹¹	1,6x10 ⁺¹¹	1,69x10 ⁺¹⁰	7,89x10 ⁺⁸	7,89x10 ⁺⁸	9,01x10 ⁺⁸	2,45x10 ⁺⁹
pH	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
T ⁰ C	6	5,5	4	2,4	2,4	2,4	2,4

Продолжение таблицы 5

Среднемноголетние количества компонентов, поступающие с потоками “Подземные воды” в резервуары оз. Байкал

Подземные воды, (г/год)					
Компонент	Селенгинский резервуар				
	Пластовые				Жильно-трещ
	гидрокарб. кл., кальц. гр.	гидрокарб. кл., кальц.- натр. гр.	гидрокарб. кл., натр. гр.	гидрокарб. кл., натр.- кальц. гр.	гидрокарб. кл., смеш. гр.
K ⁺	0	1,27x10 ⁺⁸	2,63x10 ⁺⁸	1,11x10 ⁺⁸	1,1x10 ⁺⁸
Na ⁺	3,09x10 ⁺⁸	1,59x10 ⁺¹⁰	5,98x10 ⁺⁹	1,87x10 ⁺⁹	2,68x10 ⁺⁹
Ca ²⁺	2,66x10 ⁺⁹	7,78x10 ⁺⁹	2,43x10 ⁺⁹	1,17x10 ⁺⁹	1,83x10 ⁺⁹
Mg ²⁺	4,09x10 ⁺⁸	0	7,99x10 ⁺⁷	1,02x10 ⁺⁸	1,14x10 ⁺⁹

Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Si	9,46x10 ⁺⁷	«-»	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	5,04x10 ⁺⁸	1,18x10 ⁺⁹	3,72x10 ⁺⁸	1,47x10 ⁺⁹	5,19x10 ⁺⁹
HCO ₃ ⁻	6,76x10 ⁺⁹	5,39x10 ⁺⁹	9,12x10 ⁺⁹	1,07x10 ⁺¹⁰	1,17x10 ⁺¹⁰
Cl ⁻	4,06x10 ⁺⁸	4,96x10 ⁺⁸	8,63x10 ⁺⁹	5,42x10 ⁺⁸	2,58x10 ⁺⁸
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	3,68x10 ⁺⁶	«-»	«-»	«-»	«-»
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	9,68x10 ⁺⁷	«-»	2,44x10 ⁺⁸	«-»	«-»
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
N ₂ +ред. газы	«-»	«-»	1,75x10 ⁺⁹	«-»	«-»
CO ₂ св.	«-»	«-»	8,21x10 ⁺⁷	«-»	8,83x10 ⁺⁸
Всего	1,11x10 ⁺¹⁰	3,08x10 ⁺¹⁰	2,69x10 ⁺¹⁰	1,6x10 ⁺¹⁰	2,29x10 ⁺¹⁰
pH	7,3	7,3	7,3	7,3	6,9
T ⁰ C	4,67	46,3	46,3	46,3	2,4

Продолжение таблицы 5

Среднемноголетние количества компонентов, поступающие с потоками “Подземные воды” в резервуары оз. Байкал

Подземные воды, (г/год)								
Компо- нент	Средний резервуар							
	Пластовые				Жильно-трещиновые			
	гидро- карб. кл.,кальц. гр.	гидро- карб. кл., кальц.- магн. гр.	гидро- карб. кл., кальц.- натр. гр.	гидро- карб. кл., смеш. гр.	гидро- карб. кл., натр.- кальц. гр.	гидро- карб. кл.,кальц. гр.	гидро- карб. кл., натр. гр.	Гидро- карб. кл., смеш. гр.
K ⁺	9,3x10 ⁺⁶	8,76x10 ⁺⁶	4,36x10 ⁺⁷	6,97x10 ⁺⁷	8,35x10 ⁺⁷	6,55x10 ⁺⁶	5,13x10 ⁺⁷	1,03x10 ⁺⁸
Na ⁺	2,12x10 ⁺⁸	1,99x10 ⁺⁸	6,99x10 ⁺⁸	1,18x10 ⁺⁹	1,9x10 ⁺⁹	1,49x10 ⁺⁸	1,2x10 ⁺⁹	1,92x10 ⁺⁹
Ca ²⁺	2,15x10 ⁺⁹	2,61x10 ⁺⁹	1,41x10 ⁺⁹	1,01x10 ⁺⁹	1,19x10 ⁺⁹	1,08x10 ⁺⁹	4,7x10 ⁺⁸	1,39x10 ⁺⁹
Mg ²⁺	1,14x10 ⁺⁸	1,47x10 ⁺⁹	2,82x10 ⁺⁸	4,59x10 ⁺⁸	2,31x10 ⁺⁸	2,39x10 ⁺⁸	0	1,52x10 ⁺⁹
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Si	9,11x10 ⁺⁷	1,02x10 ⁺⁸	1,57x10 ⁺⁸	1,96x10 ⁺⁷	7,84x10 ⁺⁷	«-»	«-»	«-»
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SO ₄ ²⁻	6,39x10 ⁺⁸	7,38x10 ⁺⁸	5,07x10 ⁺⁸	5,04x10 ⁺⁸	6,73x10 ⁺⁸	1,68x10 ⁺⁷	0	7,77x10 ⁺⁸
HCO ₃ ⁻	6,08x10 ⁺⁹	7,81x10 ⁺⁹	6,2x10 ⁺⁹	7,18x10 ⁺⁹	6,65x10 ⁺⁹	4,49x10 ⁺⁹	3,59x10 ⁺⁹	1,62x10 ⁺¹⁰
Cl ⁻	2,1x10 ⁺⁸	2,52x10 ⁺⁸	4,38x10 ⁺⁸	4,47x10 ⁺⁸	1,56x10 ⁺⁹	2,1x10 ⁺⁸	8,95x10 ⁺⁸	5,94x10 ⁺⁸
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	8,4x10 ⁺⁶	3,36x10 ⁺⁶	4,2x10 ⁺⁷	«-»
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	1,85x10 ⁺⁸	3,4x10 ⁺⁸	2,94x10 ⁺⁷	9,24x10 ⁺⁸
N ₂ +ред газы	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂ св	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Всего	9,41x10 ⁺⁹	1,31x10 ⁺¹⁰	9,58x10 ⁺⁹	1,08x10 ⁺¹⁰	1,23x10 ⁺¹⁰	6,19x10 ⁺⁹	6,21x10 ⁺⁹	2,25x10 ⁺¹⁰
pH	7,1	7,4	7,1	7,1	6,9	6,9	6,9	6,9
T ⁰ C	4,67	4,67	26,8	26,8	2	2	2	2

Окончание таблицы 5

Среднемноголетние количества компонентов, поступающие с потоками “Подземные воды” в резервуары оз. Байкал

Компонент	Подземные воды, (г/год)				
	Северный резервуар				
	Пластовые		Жильно-трещиновые		
	гидрокарб. смеш. гр.	кл., гидрокарб. кл., кальц. гр.	гидрокарб. смеш. гр.	кл., гидрокарб. натр. гр.	кл.,
K ⁺	3,6x10 ⁷	3,89x10 ⁷	3,25x10 ⁷	8,68x10 ⁷	
Na ⁺	5,8x10 ⁸	8,84x10 ⁸	2,84x10 ⁹	1,88x10 ⁹	
Ca ²⁺	7,58x10 ⁸	3,6x10 ⁹	7,58x10 ⁸	7,58x10 ⁸	
Mg ²⁺	2,3x10 ⁸	1,72x10 ⁸	1,14x10 ⁸	2,3x10 ⁸	
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	
Si	«-»	«-»	«-»	«-»	
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	
Fe _{общ}	«-»	«-»	«-»	«-»	
SO ₄ ²⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	
HCO ₃ ⁻	2,57x10 ⁸	3,85x10 ⁸	3,84x10 ⁸	1,54x10 ⁹	
Cl ⁻	3,95x10 ⁹	1,32x10 ¹⁰	2,64x10 ⁹	5,27x10 ⁹	
NO ₃ ⁻	4,56x10 ⁸	3,8x10 ⁸	3,03x10 ⁸	8,35x10 ⁸	
NH ₄ ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	
O ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	
S _{орг}	«-»	«-»	«-»	«-»	
CO ₂	«-»	«-»	«-»	«-»	
N ₂ +ред газы	«-»	«-»	«-»	«-»	
CO ₂ св	«-»	«-»	«-»	«-»	
Всего	6,27x10 ⁹	1,86x10 ¹⁰	7,07x10 ⁹	1,06x10 ¹⁰	
pH	6,78	6,78	6,8	6,8	
T ⁰ C	4,5	4,5	3	3	

Таблица 6

Среднемноголетние количества компонентов в потоках “Подземные воды” резервуаров оз. Байкал (среднее по резервуарам)

Компонент	Подземные воды, 10 ⁹ г/год				
	Южный резервуар	Селенгинский	Средний резервуар	Северный резервуар	Оз. Байкал
K ⁺	102	0,61	0,376	0,194	103
Na ⁺	55,8	26,7	7,46	6,18	96,2
Ca ²⁺	22,5	15,9	11,3	5,88	55,5
Mg ²⁺	7,25	1,73	4,32	0,747	14,1
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Si	0,18	0,09	0,45	0	0,72
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	0,22	0	0,017	0	0,239
SO ₄ ²⁻	128	8,72	3,85	2,57	143
HCO ₃ ⁻	45	43,7	58,1	25	172
Cl ⁻	188	10,3	4,6	1,97	205
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	0,015	0,0037	0,054	0	0,072
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	0,284	0,34	0	0	0,625
Br	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
CO ₂	0,416	0	1,48	0	1,89
N ₂ +ред газы	0,42	0	1,48	0	1,89
CO ₂ св	0	0,97	0	0	0,97
Всего	548	108	91,5	42,6	790
pH	7,28	7,22	7,04	6,79	7,08
T ⁰ C	4,85	29,21	8,85	3,75	11,67

Таблица 7

Среднемноголетние количества компонентов в потоках “Подземные воды” резервуаров оз. Байкал (среднее по резервуарам)

Независимый компонент	Подземные воды, (10 ⁹ моль/год)				
	Южный резервуар	Селенг. резервуар	Средний резервуар	Северный резервуар	Оз. Байкал
K	2,56	1,65x10 ⁻²	9,51x10 ⁻³	4,85x10 ⁻³	2,59
Na	2,42	1,2	0,32	0,262	4,24
Ca	0,556	0,414	0,278	0,143	1,39
Mg	0,304	7,01x10 ⁻²	0,175	0,03	0,579
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Si	6,24x10 ⁻³	3,28x10 ⁻³	1,59x10 ⁻²	0	2,54x10 ⁻²
Mn	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe	3,88x10 ⁻³	0	2,93x10 ⁻⁴	0	4,18x10 ⁻³
S	1,3	9,15x10 ⁻²	3,97x10 ⁻²	2,61x10 ⁻²	1,46
C	0,808	0,74	0,952	0,401	2,9
Cl	5,2	0,311	0,128	5,43x10 ⁻²	5,69
N	7,91x10 ⁻⁴	5,24x10 ⁻³	3,12x10 ⁻³	0	9,15x10 ⁻³
P	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H	0,806	0,758	0,939	0,401	2,9
O	7,65	2,62	2,99	1,31	14,6
Br	4,95x10 ⁻³	0	6,13x10 ⁻⁵	0	5,01x10 ⁻³
N ₂ +ред. газы	6,98x10 ⁻²	6,71x10 ⁻²	0	0	0,137
Всего	21,6	6,27	5,85	4,85x10 ⁻³	36,4
pH	7,28	7,22	7,04	6,79	7,08
T ⁰ C	4,85	29,2	8,85	3,75	11,7

Теперь можно установить средневзвешенное содержание компонентов в мг/л в потоках “Подземные воды” для каждого резервуара и всего оз. Байкал (табл. 8, 9). $P = m / C_p$ (4), где m – среднемноголетнее годовое количество компонентов в 10⁹ г/год (тыс. т/год), моль/год в потоках “Подземные воды” (табл. 6, 7), C_p – среднемноголетний годовой водный приток подземных вод в каждом резервуаре в 10¹⁵ г/год [2]; P – средневзвешенное содержание по объему вод в мг/л и в моль/кг для потоков “Подземные воды” для каждого резервуара и оз. Байкал в целом (в мг/л, моль/кг. Табл. 8, 9).

Таблица 8

Средневзвешенный по стоку химический состав вод потоков “Подземные воды” мегасистемы “вещество вод оз. Байкал – вещество потоков природной составляющей окружающей среды”

Компонент	Подземные воды, мг/л				
	Южный резервуар	Селенгинский резервуар	Средний резервуар	Северный резервуар	Оз. Байкал
K ⁺	537	3,31	1,12	0,45	90,6
Na ⁺	294	145	22,2	14,3	84,4
Ca ²⁺	118	86,2	33,7	13,6	48,7
Mg ²⁺	38,2	9,41	12,9	1,73	12,3
Al	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
SiO ₂	0,947	0,514	1,33	0	63,4x10 ⁻²
Mn ²⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
Fe _{общ}	1,17	0	0,05	0	20,9x10 ⁻²
SO ₄ ²⁻	672	47,4	11,5	5,94	125

HCO ₃ ⁻	237	237	173	58	151
Cl ⁻	988	56,2	13,7	4,57	179
NO ₃ ⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
NH ₄ ⁺	7,68x10 ⁻²	0,02	0,16	0	63,2x10 ⁻³
PO ₄ ³⁻	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
H ⁺	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»
O ₂	1,5	1,85	0	0	54,8x10 ⁻²
Br	1,05	0	1,015	0	1,8
CO ₂	2,19	0	4,4	0	1,66
N ₂ +ред газы	10,5	9,51	0	0	3,29
CO ₂ св	0	5,25	0	0	84,7x10 ⁻²
Минерализация	2,9x10 ⁺³	602	274	98,6	699
pH	7,3	7,2	7	6,8	7,1
T ⁰ C	4,8	29,2	8,9	3,8	11,7

Таблица 9

Средневзвешенный по стоку химический состав независимых компонентов потоков “Подземные воды” мегасистемы “вещество вод оз. Байкал – вещество потоков природной составляющей окружающей среды”

Компонент	Подземные воды, (моль/кг)				
	Южный резервуар	Селенгинский	Средний	Северный резервуар	Оз. Байкал
K	1,35x10 ⁻²	8,95x10 ⁻⁵	2,83x10 ⁻⁵	1,12x10 ⁻⁵	2,27x10 ⁻³
Na	1,28x10 ⁻²	6,71x10 ⁻³	9,53x10 ⁻⁴	6,07x10 ⁻⁴	3,71x10 ⁻³
Ca	2,92x10 ⁻³	2,25x10 ⁻³	8,28x10 ⁻⁴	3,32x10 ⁻⁴	1,22x10 ⁻³
Mg	1,6x10 ⁻³	3,81x10 ⁻⁴	5,2x10 ⁻⁴	6,94x10 ⁻⁵	5,07x10 ⁻⁴
Si	3,29x10 ⁻⁵	1,78x10 ⁻⁵	4,73x10 ⁻⁵	0	2,22x10 ⁻⁵
Fe	2,04x10 ⁻⁵	0	8,72x10 ⁻⁷	0	3,66x10 ⁻⁶
S	6,86x10 ⁻³	4,97x10 ⁻⁴	1,18x10 ⁻⁴	6,03x10 ⁻⁵	1,28x10 ⁻³
C	4,25x10 ⁻³	4,02x10 ⁻³	2,83x10 ⁻³	9,27x10 ⁻⁴	2,54x10 ⁻³
Cl	2,74x10 ⁻²	1,69x10 ⁻³	3,8x10 ⁻⁴	1,26x10 ⁻⁴	4,98x10 ⁻³
N	4,16x10 ⁻⁶	2,85x10 ⁻⁵	9,3x10 ⁻⁶	0	8,01x10 ⁻⁶
H	4,24x10 ⁻³	4,12x10 ⁻³	2,8x10 ⁻³	9,27x10 ⁻⁴	2,54x10 ⁻³
O	4,03x10 ⁻²	1,43x10 ⁻²	8,91x10 ⁻³	3,02x10 ⁻³	1,28x10 ⁻²
Br	2,61x10 ⁻⁵	0	1,82x10 ⁻⁷	0	4,39x10 ⁻⁶
N ₂ +ред газы	3,67x10 ⁻⁴	3,65x10 ⁻⁴	0	0	1,2x10 ⁻⁴
Минерализация	0,114	3,41x10 ⁻²	1,74x10 ⁻²	6,08x10 ⁻³	3,19x10 ⁻²
pH	7,28	7,22	7,04	6,79	7,08
T ⁰ C	4,85	29,2	8,85	3,75	11,7

Используя формулу: $m_{\text{подз}} = m_a + m_b + m_c + \dots + m_n$ (3), где $m_{\text{подз}}$ – среднееголетнее годовое количество компонентов в 10⁹ г/год (тыс. т/год) в потоках “Подземные воды” для каждого резервуара; $m_a, m_b, m_c, \dots, m_n$ - среднееголетние годовые количества компонентов в группах подземных вод в каждом резервуаре; можно рассчитать количество компонентов в общем потоке “подземные воды” для каждого резервуара и озера Байкал в целом (в г/год, моль/год. Табл. 6, 7).

Расчет химических балансов потоков в резервуарах оз. Байкал показал (табл. 10) [4-8], что подземные воды в Южном резервуаре являются основными поставщиками ряда

элементов – несут основное количество K^+ и Cl^- и большое количество Na^+ и SO_4^{2-} , а в Северном резервуаре – большое количество Cl^-

Таблица 10

Вклад потоков “Подземные воды” в химические балансы резервуаров оз. Байкал

Компонент	Подземные воды, % от общего прихода				
	Южный резервуар	Селенгинский	Средний резервуар	Северный резервуар	Оз. Байкал
K^+	54,8	0,45	0,32	0,11	16,1
Na^+	19,8	8,57	5,07	3,27	9,7
Ca^{2+}	2,2	1,59	2,59	1,53	1,8
Mg^{2+}	2,8	0,65	3,33	0,47	1,6
Si	0,02	0	0,06	0	0,015
$Fe_{общ}$	0,12	0	0,01	0	0,03
SO_4^{2-}	29,4	1,41	2,69	3,1	10,5
HCO_3^-	1,19	0,99	3,54	3,2	1,5
Cl^-	81,95	8,05	19,7	18,5	51
NH_4^+	2,27	0	18,2	0	4,0
PO_4^{3-}	0	0	0	0	0
H^+	0	0	0	0	0
O_2	0,09	0	0	0	0,76
CO_2	0,17	0	2,04	0	0,4
Всего	6,51	1,266	2,28	1,02	2,94

Из представленных таблиц 4 – 10 можно сделать **вывод**. При расчетах химических балансов резервуаров озера Байкал необходим учет количества компонентов, поступающих с потоками “Подземные воды” в резервуары озера, т.к. при всей малости общего привноса компонентов подземными водами в воды оз. Байкал, эти потоки поставляют основное количество K^+ и Cl^- и большое количество Na^+ и SO_4^{2-} в Южном резервуаре озера, большое количество Cl^- во всех резервуарах, а в Северном резервуаре – половину от общего поступления Cl^- .

Список литературы

1. Астраханцева О.Ю. Количественная оценка потока “Подземные воды”, впадающего в озеро Байкал, для пяти резервуаров озера Байкал: Южного, Селенгинского, Среднего, Ушканьеостровского, Северного // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2007, № 3, Т. 1. С.15-21.
2. Астраханцева О.Ю., Глазунов О.М. Водный баланс мегасистемы “Озеро Байкал”. Вестник Иркутского государственного технического университета, 2008, № 3 (35), С. 148 – 154.
3. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Выделение полуавтономных систем в озере Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2010, № 4 (44), С. 27-37.

4. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Химический баланс Южного резервуара оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2011, № 8 (55), С. 16 – 28.
5. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Химический баланс Селенгинского резервуара оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2012, № 1 (60), С. 20 – 32.
6. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Химический баланс Среднего резервуара оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2012а, № 3 (62), С. 28 – 42.
7. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Химический баланс Ушканьеостровского резервуара оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2012б, № 5 (64), С. 36 – 50.
8. Астраханцева О.Ю., Чудненко К.В., Глазунов О.М. Химический баланс Северного резервуара оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2013, № 3 (74), С. 35 – 47.
9. Астраханцева О.Ю. Выделение в веществе вод оз. Байкал локализованных в пространстве зон естественных физико-химических равновесий с окружающей средой // Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы IX Междунар. науч. практ. конф. (г. Воронеж, 18 дек. 2013 г.). Ч. 3. ФГБОУ ВПО Воронежский гос. тех. ун-т, 2013а. С. 155 – 165.
10. Гидрогеология СССР. Том 19. Иркутская область. – М.: Недра, 1968. - 495 с.
11. Гидрогеология СССР. Том 22. Бурятская АССР. – М.: Недра, 1970. - 432 с.
12. Ломоносов И.С. Термы Байкальской рифтовой зоны (закономерности распространения и формирования). – В кн.: Генезис минеральных и термальных вод. – М.: Наука, 1968. - С. 31 – 35.
13. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидроформ Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск.: Наука, 1974. - 165 с.
14. Пиннекер Е.В. Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна (закономерности размещения, состав, динамика, формирование и использование). - М.: Наука, 1966. - 331 с.
15. Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Ломоносов И.С. и др. Гидрогеология Прибайкалья. М.: Наука, 1968. - 170 с.
16. Писарский Б.И. Особенности формирования подземных вод Байкальского артезианского бассейна // Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1971. - С. 59-69.
17. Писарский Б.И. Закономерности функционирования подземного стока бассейна оз. Байкал. Новосибирск: Наука, 1987. - 156 с.

18. Плюснин А.М., Гунин В.И. Природные гидрогеологические системы, формирование химического состава и реакция на техногенное воздействие (на примере Забайкалья). Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2001. - 137 с.

Рецензенты:

Напрасников А.Т., д.г.н., профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Иркутского государственного университета, г. Иркутск;

Плюснин В.М., д.г.н., профессор Иркутского государственного университета, директор ИГ СО РАН, г. Иркутск.