

МОНИТОРИНГОВЫЕ исследования микроэлементного СОСТАВА ВОДЫ ИСТОКА Р. АНГАРА

Цель работы – проследить возможные изменения в микрокомпонентном составе воды истока р. Ангара (единственный сток оз. Байкал) в условиях возросшей в последние годы антропогенной нагрузки. Полученные многолетние (макросостав 1997-2011 гг. и микросостав 2006-2011 гг.) результаты исследований химического состава воды истока р. Ангара, а также сравнительный анализ с опубликованными данными показывают хорошую сходимость и соответствуют общепринятому мнению о постоянстве химического состава вод р. Ангара и оз. Байкал.



Введение

В настоящее время опубликовано большое количество работ по изучению химического состава вод оз. Байкал и р. Ангара, которая является его единственным поверхностным стоком [1-12]. Оз. Байкал – объект мирового наследия и представляет собой крупнейшее «хранилище» чистой пресной воды. Поэтому постоянный мониторинг химического состава вод истока р. Ангара, отражающий средний состав вод всего озера, представляется актуальным, особенно в условиях постоянно возрастающей техногенной нагрузки.

С 1997 г. Институтом геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН (ИГХ СО РАН) проводятся мониторинговые гидрохимические исследования истока р. Ангара. Станция опробования расположена в 70 км от г. Иркутск на водозаборе санатория «Байкал» в пос. Листвянка. До 2007 г. отбор проб производили подекадно, далее ежемесячно. Всего, начиная с 2006 г., было отобрано более 400 проб воды для определения содержания ртути и основного ионного состава, а также около 100 проб для изучения микроэлементного состава.

Химический анализ вод осуществляется в аккредитованном аналитическом секторе ИГХ СО РАН. Определение содержания главных ионов проводится по стандартным методикам, ртути – атомно-абсорбционным

В.И. Гребенщикова,

доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией проблем геохимического картирования и мониторинга, ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук

Н.А. Загоруйко,

младший научный сотрудник лаборатории проблем геохимического картирования и мониторинга, ФГБУН Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук

методом на приборе РА-915+ с Зеemannовской коррекцией поглощения, микроэлементов – методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборе ELEMENT 2 (фирма Finnigan MAT, Германия).

Вода истока р. Ангара, как и оз. Байкал, маломинерализованная, гидрокарбонатная кальциевая. Как нами было показано ранее [10], содержание главных ионов и значение суммы растворенных солей в период с 1997 по 2010 гг. не претерпевают значительных изменений. Отмечены слабые положительные тренды для гидрокарбонат- и хлорид-ионов, величины минерализации. Продолженные в 2011 г. мониторинговые работы подтверждают сделанные ранее выводы об относительном постоянстве основного ионного состава воды истока р. Ангара. Полученные аналитические данные по макрокомпонентному составу воды истока реки, их сравнительный анализ и сопоставление с ранее опубликованной информацией [1-12] показали, что результаты наших исследований подтверждают общепринятое мнение о фактически постоянном ионном составе ангарской воды, как, соответственно, и воды

* Адрес для корреспонденции: vgreb@igc.irk.ru

оз. Байкал. Отмеченные в последние годы флуктуации в изменении содержания гидрокарбонатов, хлоридов, общей суммы ионов и кислорода отражают 3–5-летние природные циклы изменений, когда максимумы сменяются минимумами или наоборот.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования содержания ртути в воде истока р. Ангара на графике среднегодовых концентраций этого элемента зафиксировали два максимума, приходящиеся на 1998 и 2004 гг. (рис. 1). В работах [8, 9] увеличение концентраций ртути объясняются периодом роевой подготовки последовательности землетрясений в прилегающей части Южно-Байкальского звена Байкальской рифтовой зоны в 1998 г. и сильнейшим ураганом в 2004 г. С 2006 г. среднегодовое содержание ртути в воде истока р. Ангара находится ниже уровня ее концентраций в оз. Байкал (0,005 мкг/дм³) [11].

Использование масспектрометра высокого разрешения, применяемого для определения микроэлементов, содержащихся в природных водах в широком диапазоне концентраций вплоть до нанокочислеств, позволило

Таблица 1

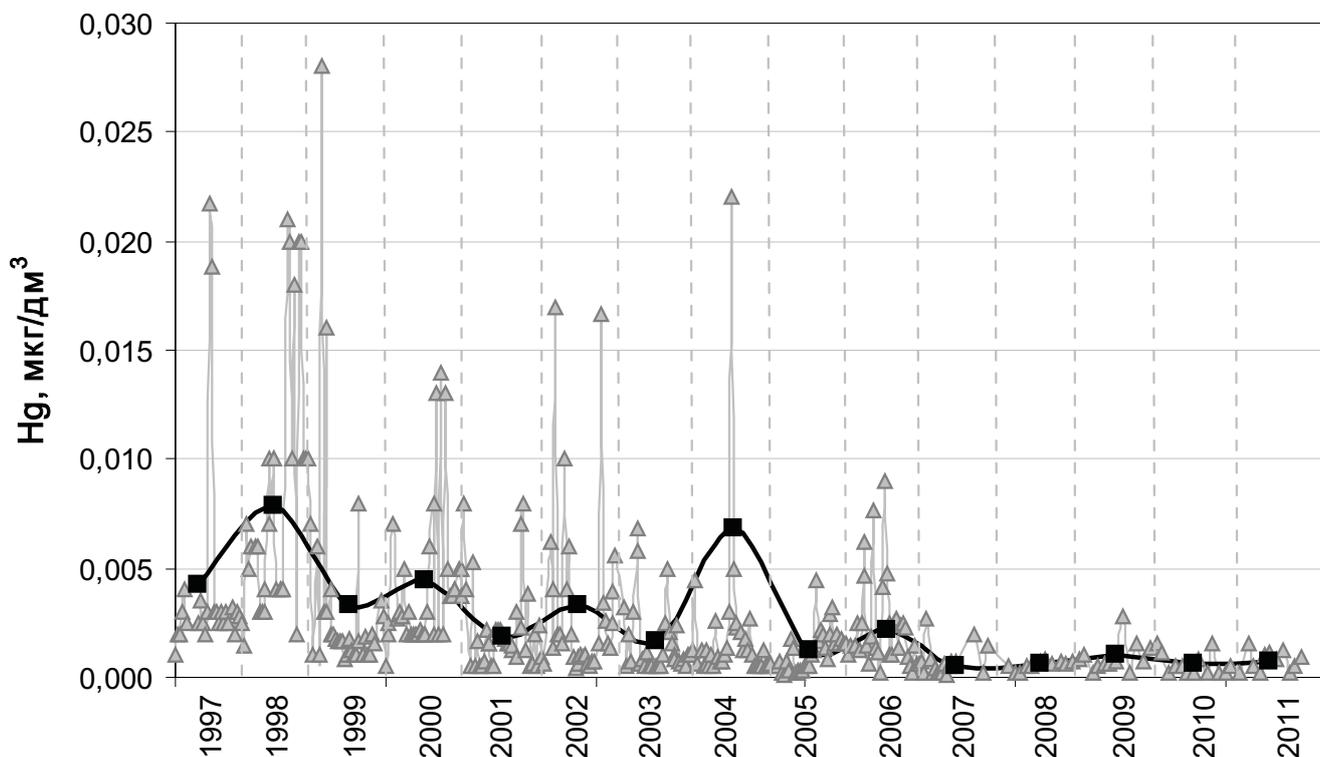
Вариационный ряд отношений максимальных величин концентраций микроэлементов к минимальным

max/min	Элементы
1-5	B, S, Rb, Sr, Br, Ba, Sb
5-10	As, Y, Cs, U
10-20	P, V, Mo, Cd
20-50	Li, Cr, Ni, Zr, Nb, Hg, Re, Tl
50-100	Co, Cu, Ga, Se
> 100	Al, Sc, Ti, Mn, Fe, Zn, Sn, Pb, Th

определить содержание 56 элементов (в том числе редкоземельных) в водах истока реки. За шестилетний период исследований не выявлено содержания элементов, превышающего уровень предельно допустимых концентраций для водоемов питьевого и рыбохозяйственного назначения. Необходимо отметить большие колебания в концентрациях микроэлементов, максимальные значения которых в несколько раз превышали минимальные (max/min), для некоторых элементов это превышение составляет более 100 раз (табл. 1). Для ряда элементов отмечаются очень низкие концентрации, которые лежат ниже предела обнаружения метода ICP-MS,

Рис. 1. Динамика изменения среднегодового содержания ртути в воде истока р. Ангара в период с 1997 по 2011 гг.

Здесь и далее на рис. 2 и 3 треугольниками показаны отдельные замеры элементов, квадратами – среднегодовые значения.



среди них Be, Ge, Nb, Ag, Hf, Ta, Au, Bi. В отдельных случаях это касается Sc, Ti, Cr, W, Tl и большинства лантаноидов.

Анализ годовых временных рядов изменения концентраций микроэлементов в воде истока р. Ангара выявил ряд особенностей (рис. 2, 3). На графиках временных зависимостей содержания Li и V отмечаются иногда отчетливо выраженные минимумы (рис. 2), тогда как для других элементов (Cr, Fe, Co, Sn, Se, Cs) характерно наличие резких повышений концентраций, с таким же резким их снижением (рис. 3). Для ряда микроэлементов (Al, Mn, Ni, Ba, Cu, Zn, Pb, Y, Th) выделяются временные промежутки (от 3 до 9 месяцев) с концентрациями, значительно превышающими их средние значения за шестилетний период наблюдений (рис. 2). Обращает на себя внимание тот факт, что области относительно повышенного содержания ряда элементов (Al, Mn, Ni, Cu, Zn, Sn, Pb) приходятся преимущественно на 2010-2011 гг. Стоит еще раз отметить, что при этом каких-либо значимых изменений макрокомпонентного состава воды в этот период не наблюдалось. Для таких элементов как B, Ga, As, Mo, Cd, Br, Rb, Sr, W, U отмечаются хаотические изменения концентраций во времени без выраженных особенностей.

Сопоставление изменения содержания микроэлементов в отдельные месяцы и сезоны года за весь период исследований не выявило каких-либо четких закономерностей. Однако можно отметить минимальное содержание в летний период Sr и повышенное содержание Sc, Mn, V, Co, Ti. В зимний период отмечается более низкое содержание Li и повышенное содержание Sr, Th и Hf. Изменение содержания остальных элементов сезон года не фиксируют. Это дает основание предполагать отсутствие четкой сезонной зависимости микроэлементного состава вод истока р. Ангара.

Полученные нами за шестилетний период средние уровни содержания микроэлементов в воде истока р. Ангара были сопоставлены с литературными данными по байкальской воде [11, 12]. В работе [11] рассчитаны базовые уровни микроэлементов, полученные путем усреднения данных по всем трем котловинам оз. Байкал с учетом объема водной массы в каждой котловине. Для расчетов было использовано содержание микроэлементов в воде, полученное атомно-эмиссионным, атомно-абсорбционным и нейтронно-активационными методами анализа. Авторы придают термину «базовый уровень» значение естественного, природного уровня химических веществ в незагрязненных водах.

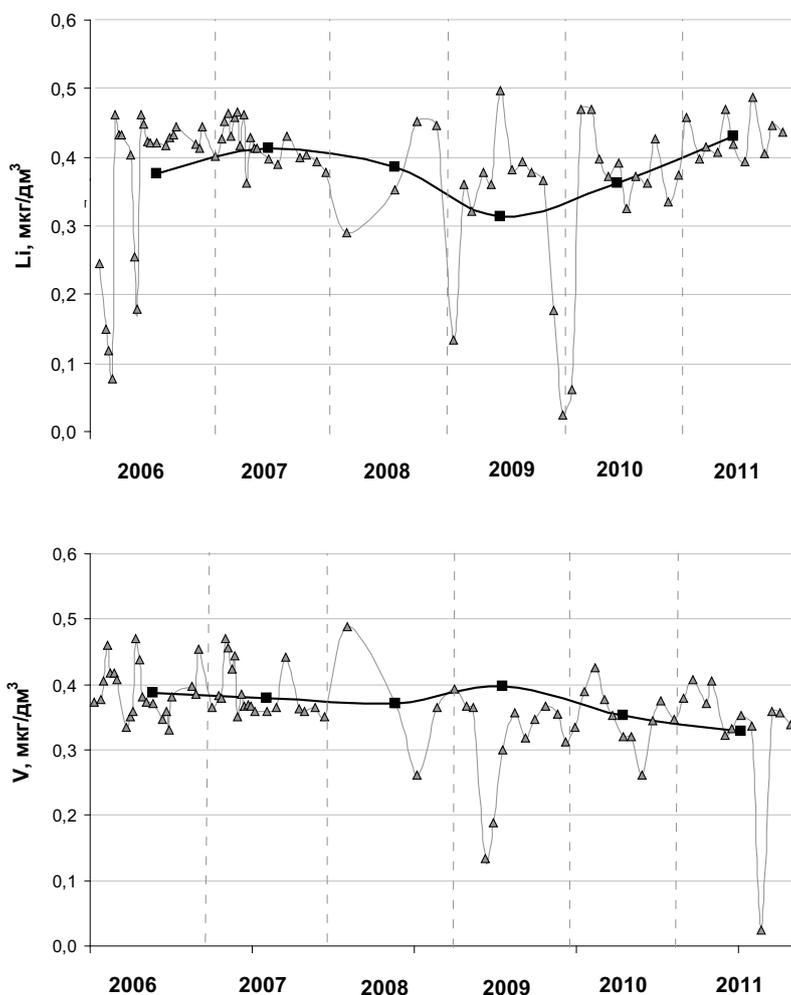


Рис. 2. Распределение концентраций лития и ванадия в воде истока р. Ангара за период 2006-2011 гг.

Данные [12] получены для воды средней котловины озера, при этом содержание микроэлементов определялось таким же методом, как у авторов данной публикации – ICP-MS в ИГХ СО РАН.

Сравнительный анализ показал хорошую сопоставимость средних значений содержания микроэлементов в воде истока р. Ангара с данными по химическому составу воды оз. Байкал (рис. 4). Концентрации большинства рассматриваемых элементов не превышают их базовый уровень для байкальской воды, а для таких элементов, как V, Fe, Cu, As, Se, Hg, U близки к ним. Исключение составляют Sc и Mn, концентрации которых заметно выше приводимых в работах [11, 12]. Содержание ряда элементов (V, As, Br, Rb, Sr, Mo, Sb, Cs, Ba, U) практически полностью совпадает с данными по Среднему Байкалу [12]. Концентрации остальных элементов занимают промежуточное положение между значениями, приведенными в рассматриваемых литературных источниках.

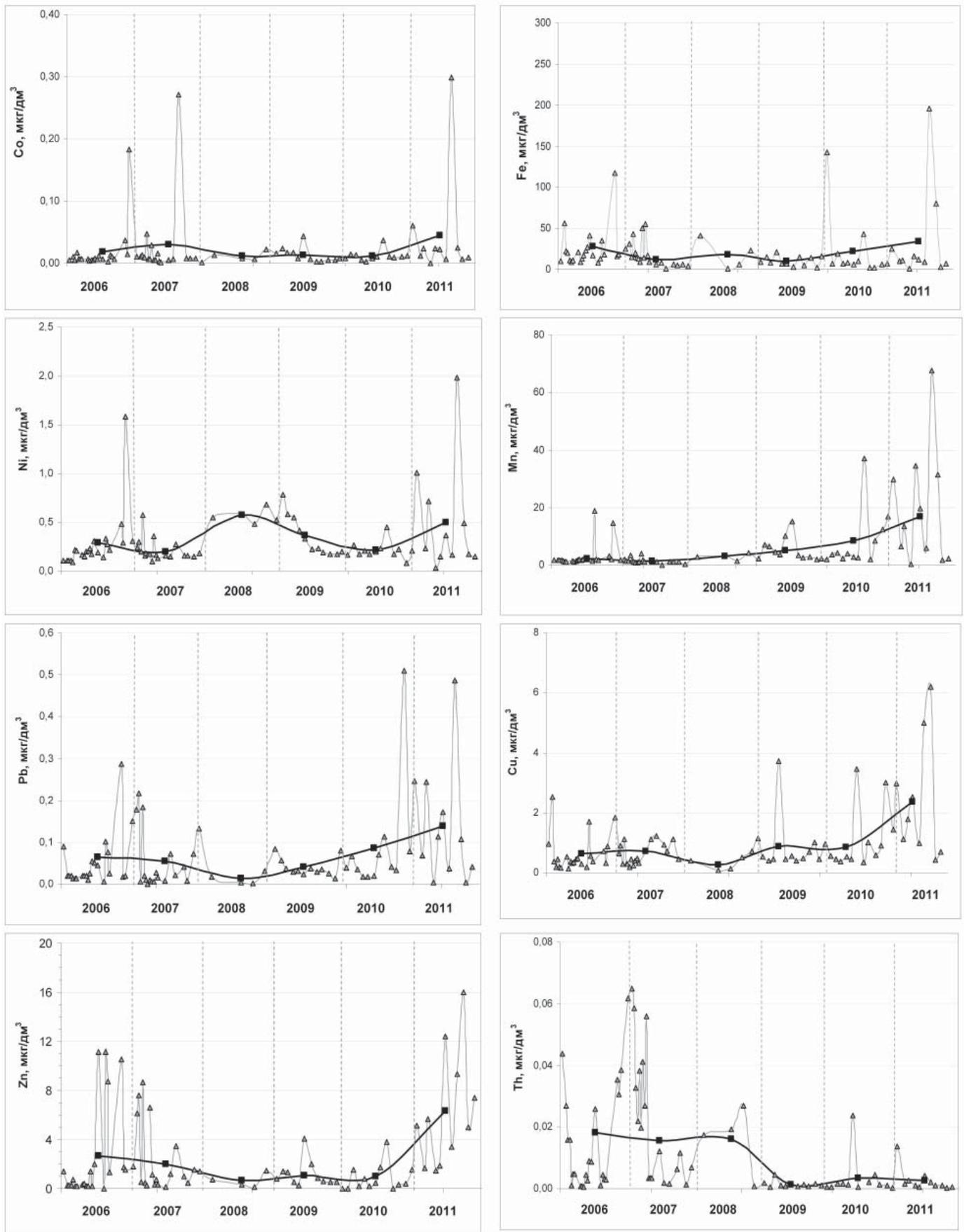


Рис. 3. Распределение концентраций кобальта, железа, никеля, марганца, свинца, меди, цинка и тория в воде истока р. Ангара за период 2006-2011 гг.

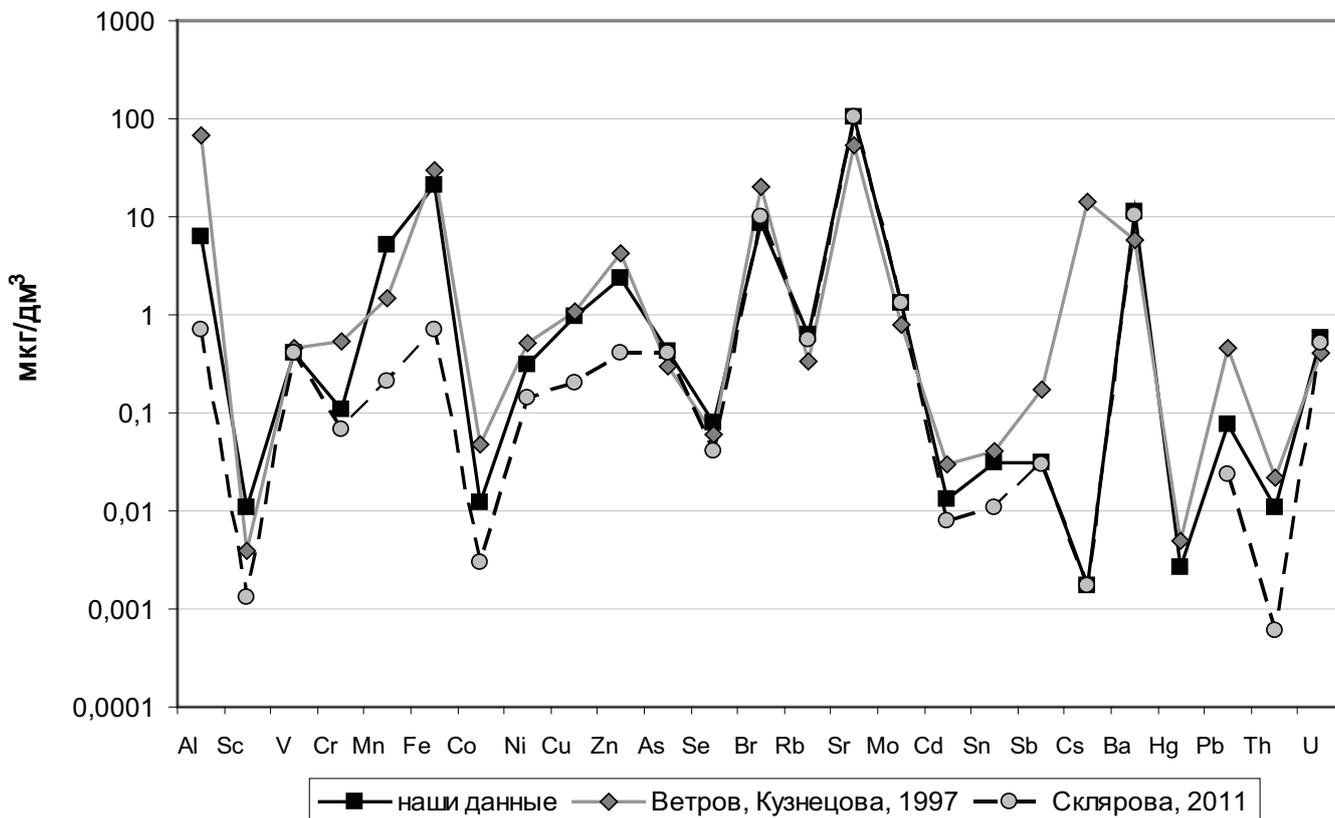


Рис. 4. Средние концентрации микроэлементов в воде истока р. Ангара, Среднего Байкала и оз. Байкал в целом.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований микроэлементного состава воды истока р. Ангара были получены данные по широкому спектру химических элементов, что является немаловажным для мониторинга в условиях современной техногенной нагрузки. Совокупность полученных данных показывает, что вода стока оз. Байкал относится к наиболее чистым водам мира в отношении загрязнения тяжелыми металлами и другими элементами. В течение всего периода исследований в воде истока р. Ангара содержание всех микроэлементов во много раз ниже предельно допустимых концентраций, используемых для водоемов рыбохозяйственного и питьевого водоснабжения. Средние уровни концентраций элементов в воде истока р. Ангара хорошо сопоставимы с литературными данными по химическому составу воды оз. Байкал.

В то же время выявлен сложный, не регулярный характер изменения концентраций микроэлементов во времени. На временных трендах содержания большинства элементов выделяются экстремумы, не приуроченные к сезонам года.

Учитывая, что воды истока р. Ангара отражают суммарный состав вод оз. Байкал, микроэлементный состав озерной воды может быть рассмотрен, как фоновый региональный стандарт, пригодный для нормирования в ходе различных геохимических исследований.

Литература

1. Бочкарев П.Ф. Гидрохимия рек Восточной Сибири. Иркутск: Иркутское книжное изд-во, 1959. 155 с.
2. Вотинцев К.К. Гидрохимический режим озера Байкал в районе пос. Лиственничного / К.К. Вотинцев, И.В. Глазунов // Гидрохимические исследования озера Байкал. Под ред. К.К. Вотинцева. Труды Лимнологического института. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. Т. III (XXIII). С. 3-56.
3. Глазунов И.В. Гидрохимический режим и химический сток реки Ангары // Гидрохимические исследования озера Байкал. Под ред. К.К. Вотинцева. Труды Лимнологического института. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. Т. III (XXIII). С. 57-94.
4. Николаева М.Д. К гидрохимии Иркутского водохранилища // Биология Иркут-

ского водохранилища. Под ред. Г.И. Галазия. Труды Лимнологического института. М.: Изд-во «Наука», 1964. Т. II (31). С. 17-40.

5. Тарасова Е.Н. Современное состояние гидрохимического режима озера Байкал / Е.Н. Тарасова, А.И. Мещерикова. Новосибирск: Наука. 1992. 143 с.

6. Шпейзер Г.М. Водноэкологический мониторинг и качество вод реки Ангары / Г.М. Шпейзер, Л.И. Дедова, В.М. Дюберг, А.Г. Евсютин, Т.В. Жучева, Л.П. Куимова, Л.И. Лобкова, И.С. Ломоносов, А.А. Макаров, А.Л. Малевский, Л.Б. Проховник, Б.И. Писарский // Материалы 1-го научно-методического семинара «Состояние р. Ангары и пути управления использованием ресурсов и их качеством». Второе издание. М.: Московский общественный научный фонд, 2000. С. 49-64.

7. Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 156 с.

8. Коваль П.В. Ртуть в воде истока р. Ангары / П.В. Коваль, Ю.Н. Удодов, Л.Д. Андрулай-

Ключевые слова:

мониторинг,
химический состав
воды,
река Ангара,
тренды изменения
составов

тис, В.А. Саньков, А.Е. Гапон // ДАН. 2003. Т. 389. № 2. С. 235-238.

9. Коваль П.В. Гидрохимические характеристики поверхностного стока озера Байкал (1997-2003) / П.В. Коваль, Ю.Н. Удодов, Л.Д. Андрулайтис, А.Е. Гапон, О.А. Складорова, С.Е. Чернигова // ДАН. 2005. Т. 401. № 5. С. 663-667.

10. Гребенщикова В.И. Мониторинговые исследования ионного состава воды истока р. Ангары (озеро Байкал) / В.И. Гребенщикова, Н.А. Загорулько, М.В. Пастухов // Вода: химия и экология, 2011. № 4. С. 2-8.

11. Ветров В.А. Микроэлементы в природных средах озера Байкал / В.А. Ветров, А.И. Кузнецова. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 1997. 236 с.

12. Складорова О.А. Распределение микроэлементов в растворенном веществе водной толщи Среднего Байкала // География и природные ресурсы, 2011. № 1. С. 53-58.



V.I. Grebenschikova, N.A. Zagorul'ko

MONITORING OF WATER TRACE ELEMENT COMPOSITION OF THE ANGARA RIVER HEADWATERS

The goal of this work was to observe probable variations of water trace element composition of the Angara river (the single Baikal runoff) headwaters under conditions of recently increased anthropogenic load. The long-term results (gross composition – 1997-2011 years and trace element composition – 2006-2011 years) of water composition research and previously published data confirm current opinion on chemical water composition of the river Angara and respectively of the lake Baikal and comparison of the data shows high convergence.

Key words: monitoring, chemical water composition, the river Angara, trends of composition changes

