

УДК 628.16:541.48(571.16)

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.А. Монголина, Н.В. Барановская, Б.Р. Соктоев

Томский политехнический университет

E-mail: mongolinata@mail.ru

Представлены результаты исследований солевых образований (накипи) питьевых вод из населенных пунктов Томской области, а также определена геохимическая специфика районов области по этим показателям. Для выявления региональных особенностей проведен сравнительный анализ с накипью из Иркутской и Челябинской областей. Показано, что состав солевых образований отражает как природную, так и техногенную составляющую воздействия на гидросферу и может служить индикатором экологического благополучия региона.

Ключевые слова:

Солевые образования (отложения), накипь, глубинные и верхние водоносные горизонты, микроэлементы, геохимическая специализация, уран, золото, редкоземельные элементы.

Key words:

Saline formation (sediment), scale, under- and upper aquifer, microelement, geochemical specialization, uranium, gold, rare earths elements.

Постановка вопроса

Начиная с 90-х гг. прошлого века, в ходе комплексного геохимического мониторинга юга Томской области впервые в качестве объекта исследования были выбраны солевые образования (накипь) из бытовой посуды, используемой для кипячения питьевой воды жителями населенных пунктов (самовары, чайники и т. д.). Результаты этих исследований показали, что элементный состав солевых отложений питьевых вод ярко отражает смену геохимических обстановок, обусловленную факторами природно-техногенного характера [1–6]. Целью наших исследований является установление специфики эколого-геохимической ситуации на всей территории Томской области и выявление ее региональных особенностей по сравнению с другими областями (в частности, Иркутской и Челябинской).

На территории Томской области изучением подземных вод занимались многие исследователи, а мониторинг питьевых вод ведется ежегодно [7]. Также известны исследования осадков, образующихся в системах водоснабжения [8–12]. Изучение элементного состава накипи питьевых вод из бытовой посуды населения сравнительно новое направление в геохимии, имеющее пока узкий круг исследователей [1–6], хотя многие гидрогеохимические исследования включали в себя такие методы как выпаривание и химическое осаждение реагентами, например, метод соосаждения ТПИ [13]. Преимущество используемого нами такого объекта исследования как накипь состоит в том, что среда является депонирующей и отражает длительный временной интервал ее накопления (месяцы, годы), тем самым дает не одномоментный показатель, а представляет долговременную картину химического состава питьевых вод [5]. Состав накипи зависит от состава питьевой воды того или иного горизонта водоснабжения, типа питания вод, омываемых геологических структур, степени и характера техногенной трансформации вод.

Основой водоснабжения Томской области является водоносный комплекс палеогеновых отложений, развитый по всей территории Западно-Сибирской плиты. На него приходится наибольшее число (18 из 29) разведанных месторождений, базируется водоснабжение гг. Томска, Северска, Колпашево, Стрежевого и многих более мелких населенных пунктов. Особенности его гидрогеологического строения и значительные ресурсы подземных вод могут обеспечить потребности крупного водопотребителя. На юге области, в пределах Колывань-Томской складчатой зоны, где палеогеновые отложения отсутствуют, интенсивно эксплуатируются подземные воды комплекса палеозойских образований, являющихся здесь интенсивным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. В малых населенных пунктах, расположенных в речных долинах, отдельными небольшими групповыми водозаборами, колодцами индивидуального пользования и одиночными скважинами, сооружаемыми на усадьбах и зачастую, непосредственно в домах, эксплуатируется водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений.

Воды меловых отложений обеспечивают, главным образом, нужды производственно-технического водоснабжения и в небольшом объеме (совместно с подземными водами палеогеновых отложений) добываются для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения гг. Асино и Северска [8]. Согласно ежегодному обзору «Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2007 году» [14], количество населения Томской области, пользующегося центральным хозяйственно-питьевым водоснабжением, составило 901330 человек (87,25 %). Децентрализованным водоснабжением (колодцы, одиночные скважины без разводящей сети) охвачено 131720 человек (12,75 %) преимущественно сельского населения. Около 80 % от изученных нами объектов составляют пробные накипи воды глубинных горизонтов из систем центрального водоснабжения (120...150 м), в оставше-

еся число проб входит нагип вод из индивидуальных источников водоснабжения с глубиной водоносного горизонта 8...12 м.

Отмечено, что подземные воды Томской области во многих случаях содержат железо, марганец, органические вещества и аммоний в концентрациях, превышающих предельно допустимые, а в отдельных случаях имеют и повышенную жесткость [15]. Повсеместно воды характеризуются низкими содержаниями фтора, существенно меньшими относительно норм, предусмотренных для питьевых вод. Кроме того, в западных и северных нефтегазоносных районах области в подземных водах присутствуют метан и сероводород. Обстановка усугубляется загрязнением подземных вод продуктами хозяйственной деятельности. Качество подземной воды даже после подготовки не всегда отвечает требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», а в сельской местности, где водоподготовка отсутствует, население потребляет неочищенную воду [15]. Таким образом, изучение нагип позволит сделать представление не только о геохимических условиях, но и о качестве питьевой воды, потребляемой населением. Картирование территории по накоплению элементов в нагипе позволит установить районы с высокими уровнями накопления определенных элементов, ежедневно поступающих с питьевой водой в организм человека в течение длительного времени.

Материалы и методы исследования

На сегодняшний день отбор проб осуществлен во всех районах Томской области. Общее количество населенных пунктов, где проводился отбор проб, составляет 139, количество проб – 316. Для получения сравнительной характеристики региональных особенностей солевых отложений были проведены исследования в Челябинской, Иркутской областях.

Стандартов по отбору проб нагип не существует, и поэтому в процессе исследований авторы опирались на патент [16]. Нагип осторожно снимали со стенок бытовой нагревательной посуды (чайник, кастрюля, котел, ведро) постукиванием или с помощью ножа, изготовленного из нержавеющей стали. В журнале фиксировались тип посуды и материал, из которого она изготовлена, примерная глубина горизонта водоснабжения. Пробу высушивали при температуре 20 °С, затем истирали в агатовой ступке до пудры, по 100 мг нагипа упаковывали в алюминиевую фольгу и отправляли на инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА). Инструментальный нейтронно-активационный анализ выполняли в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории (ЯГЛ) Томского политехнического университета по аттестованному методикам, определялось содержание 27 элементов. Пределы обнаружения элементов методом ИНАА приведены в табл. 1 [17].

В качестве контроля использовался стандартный образец (ГСО 7126-94) состава Байкальского ила БИЛ-1 (табл. 2).

Таблица 1. Пределы обнаружения содержаний элементов в различных объектах (горная порода, почва, растительность и др.) методом ИНАА

Элемент	Предел обнаружения, мг/кг	Элемент	Предел обнаружения, мг/кг
Na	10	Ta	0,01
Ca	300	Sc	0,02
Fe	100	Tb	0,005
As	0,3	Sm	0,01
Co	0,1	Eu	0,004
Cr	0,2	La	0,01
Sb	0,05	Ce	0,06
Ba	10	Yb	0,009
Br	1	Lu	0,001
Rb	0,5	U	0,06
Cs	0,01	Th	0,01
Sr	100	Au	0,005
Hf	0,009	Ag	0,3
Zn	10		

Таблица 2. Сравнительная оценка результатов элементного анализа, полученного методом ИНАА, с паспортными данными БИЛ-1 (Россия)

Элемент, мг/кг	БИЛ-1		Элемент, мг/кг	БИЛ-1	
	Паспорт	ЯГЛ		Паспорт	ЯГЛ
Na	19300	1,74	Ba	670	864
Ca	18600	6,76	La	51	40
Sc	13	16	Ce	81,5	70
Cr	67	69	Sm	7,9	6,79
Fe	70100	7,13	Eu	1,65	1,96
Co	18,5	17	Tb	0,95	0,94
Zn	–	–	Yb	3	2,44
As	–	–	Lu	0,44	0,46
Br	–	–	Ta	0,9	0,9
Rb	96	118	Hf	4,1	5,13
Sr	–	–	Th	12	12,5
Sb	1,5	1,52	U	12	10,7
Cs	5,9	6,7			

Анализ проводился с.н.с. А.Ф. Судыко и Л.В. Богутской. Проведенный внутренний контроль позволяет фиксировать удовлетворительную сходимость (рис. 1), небольшие расхождения можно объяснить тем, что проба пролежала в течении трех лет, а также улучшилось качество анализа, снизились пределы обнаружения элементов.

Исследования на установке ДРОН-3М показали, что нагип на 90 % состоит из кальцита с примесью карбонатов железа, магния, кислородсодержащих соединений кремния, и она идентична по составу карбонатным отложениям из термального источника Памуккале, Турция (рис. 2). Белая скала Памуккале является одним из геологических чудес света. Воды горячих источников на вулканическом плато извергаются, пузырясь, из-под земли, и поток воды с температурой 35 °С, в состав которой входит карбонат кальция, стекает вниз по склонам, охлаждаясь, превращается в ослепительно белые травертиновые отложения. Состав воды в Памуккале: Ca^{2+} – 349,1 мг/кг; Mg^{2+} –

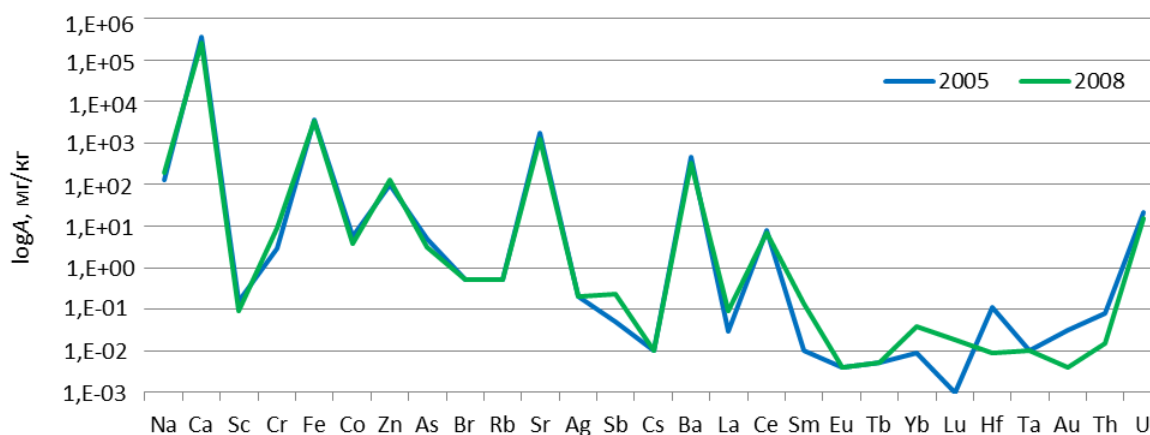


Рис. 1. Внутренний контроль инструментального нейтронно-активационного анализа

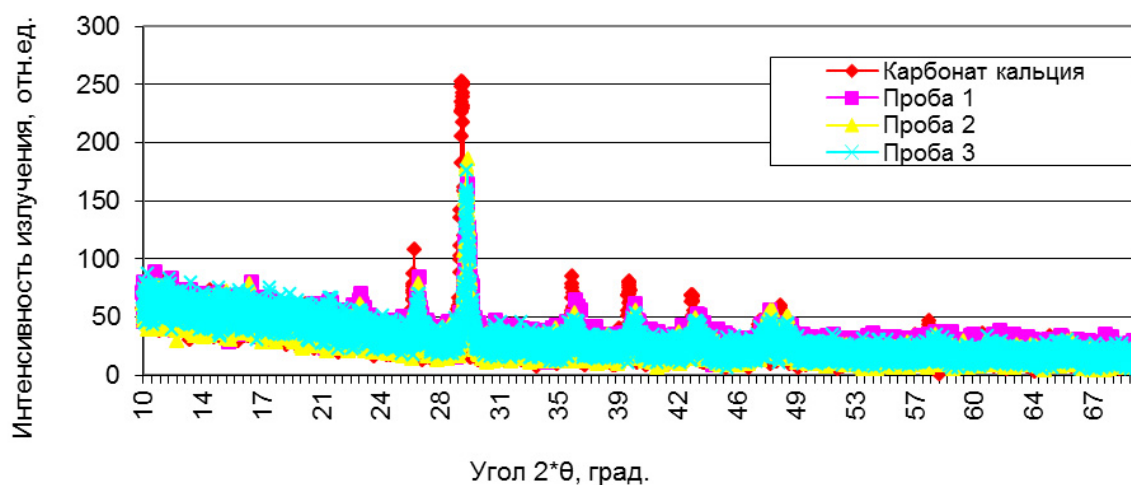


Рис. 2. Сравнительный анализ результатов рентгенофазового анализа карбоната кальция и проб накипи

135,2 мг/кг; CO_3^{2-} – 189,2 мг/кг; Cl^- – 42,8 мг/кг; SO_4^{2-} – 921,3 мг/кг; HCO_3^- – 999,6 мг/кг; NO_2^- – менее чем 0,003 мг/кг; NO_3^- – 0,06 мг/кг; NH_4^+ [18].

Результаты и их обсуждение

Среднее содержание элементов в накипи питьевых вод Томской области приведено в табл. 3. При расчете средних содержаний элементов X исключались из общей выборки «ураганные пробы», но в разбросах частных значений они показаны.

Анализ таблицы указывает на широкий интервал разброса значений содержания элементов. Такая большая вариация может быть объяснена разным химическим составом водоносных горизонтов, из которых осуществляется водоснабжение, и факторами, оказывающими воздействие на формирование химического состава вод. Проблема формирования химического состава подземных вод является одной из наиболее сложных в гидрогеологии, так как их состав контролируется многими факторами и процессами [19, 20]. Среди первых, применительно к верхней зоне, обычно называют климат, рельеф, тип горных пород, наличие органического вещества и их производные (осадки, испарение, температура, проницаемость, водообмен и т. д.), среди вторых – растворение, выщелачивание, обменные реакции, испарительная концентрация, сорбция, смешение, гидролиз и т. д.

Для выявления особенностей химического состава накипи были проанализированы природные известковые образования – травертины (рис. 3).

В травертинах из Памуккале содержание практически всех элементов ниже, чем в травертинах из г. Томска, за исключением Sr. В составе томских травертинов обращает на себя внимание высокое содержание Br (21 мг/кг). Состав накипи отличается от природных образований повышенным содержанием Sc, Fe, Co, Zn, As, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Ta, Au, Th.

Результаты исследования накипи питьевых вод разных горизонтов показывают, что глубина залегания оказывает существенное влияние на ее состав [21, 22]. Для сравнительного анализа нами были сделаны две выборки: солевые отложения из посуды жителей с индивидуальным водоснабжением с глубиной залегания водоносных горизонтов не более 40 м и накипь питьевых вод глубинных водоносных горизонтов. Более широкий спектр элементов в большей степени накапливается в накипи питьевых вод верхних горизонтов (рис. 4), включая группы редкоземельных (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) и естественных радиоактивных элемен-

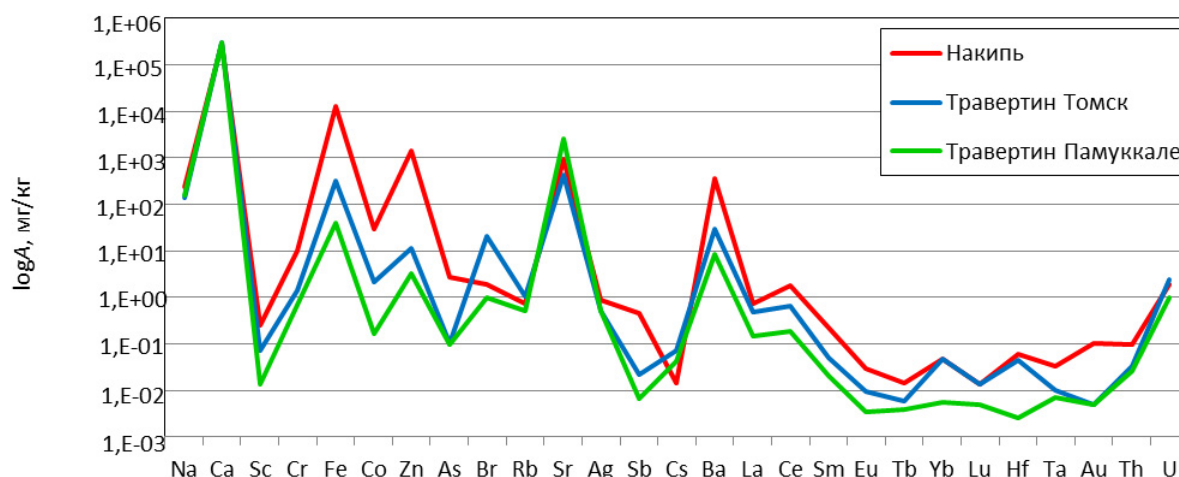


Рис. 3. Сравнительный анализ химического состава накипи и природных известковых образований

тов (Th, U). Данную особенность по накоплению химических элементов в подземных водах отмечена в работе [23].

Таблица 3. Содержание элементов (мг/кг) в накипи питьевых вод Томской области

Элемент	N	$\bar{X} \pm \lambda$ min...max	Элемент	N	$\bar{X} \pm \lambda$ min...max
Na	316	230 ± 15 10...16000	Ba	316	352 ± 18 10...10056
Ca	279	275417 ± 6107 2000...940000	La	316	0.72 ± 0.09 0,006...103
Sc	316	0.25 ± 0.03 0,004...21	Ce	316	1.8 ± 0.2 0,04...95
Cr	316	10 ± 1.5 0,1...1358	Sm	316	0.22 ± 0.02 0,001...32
Fe	316	12457 ± 1372 100...568000	Eu	316	0.03 ± 0.01 0,002...7,3
Co	316	29 ± 5 0,04...4727	Tb	316	0.014 ± 0.003 0,005...2,6
Zn	238	1380 ± 163 6...77939	Yb	316	0.05 ± 0.008 0,004...5,9
As	316	2.7 ± 0.13 0,1...96	Lu	316	0.01 ± 0.003 0,0004...2,3
Br	289	1.9 ± 0.1 0,3...57,3	Hf	316	0.06 ± 0.009 0,003...8,6
Rb	316	0.7 ± 0.07 0,5...49	Ta	316	0.03 ± 0.008 0,01...9,2
Sr	296	924 ± 47 10...4770	Au	316	0.1 ± 0.03 0,001...40,2
Ag	316	0.89 ± 0.29 0,05...862	Th	316	0.1 ± 0.01 0,003...7,5
Sb	316	0.45 ± 0.07 0,03...62	U	316	1.9 ± 0.2 0,02...66,4
Cs	316	0.015 ± 0.001 0,01...1,3			

Примечание: N – количество проб; $\bar{X} \pm \lambda$ – среднее значение и стандартная ошибка (подсчитаны без учета «ураганных проб»); min-max – минимум и максимум.

Подземные воды неоген-четвертичных отложений слабо защищены от проникновения антропогенных загрязняющих веществ с поверхности, что

в сочетании с природными факторами формирует их мозаичный и неустойчивый в пространстве и времени состав, зачастую не свойственный природным водам и по многим показателям не отвечающий нормативным требованиям. Значительную роль в питании водоносных горизонтов четвертичных отложений имеет инфильтрация дождевых и снеготалых вод. Кроме того, в атмосферных осадках содержится значительный спектр элементов, проходя через почву, они ещё обогащаются элементами из почвенных растворов. Почвенные растворы являются накопителями разнообразных микроэлементов, которые выносятся инфильтрующимися вглубь водами.

Карты, построенные по содержанию в накипи редкоземельных элементов, достаточно ясно отражают распределение элементов по горизонтам водоснабжения. На рис. 5, а, для картирования исследованы данные по всем горизонтам, тогда как рис. 5, б, представляет содержание редкоземельных элементов в солевых отложениях только глубинных горизонтов (более 40 м). В первом случае четко фиксируются очаги накопления анализируемых элементов в тех населенных пунктах, где пробы отбирались у жителей, использующих для питьевых целей индивидуальное водоснабжение (колодец, скважина). Так, в с. Моряковский Затон отмечаются самые высокие концентрации редкоземельных элементов в верхних водоносных горизонтах (La – 102 мг/кг, Ce – 95 мг/кг, Sm – 19 мг/кг, Eu – 4,5 мг/кг, Tb – 2,6 мг/кг, Yb – 5 мг/кг, Lu – 0,85 мг/кг), а в глубинных содержание этих элементов ниже предела обнаружения. Данный факт позволяет говорить о возможном техногенном источнике поступления этих элементов.

В глубинных горизонтах (палеогеновый водоносные комплексы) редкоземельные элементы накапливаются преимущественно и более интенсивно в южной и юго-восточной частях Томской области. На этих горизонтах в данных районах локализуются месторождения угля, бокситов и цирконий-ильменитовых россыпей. Кроме этого, граничащие

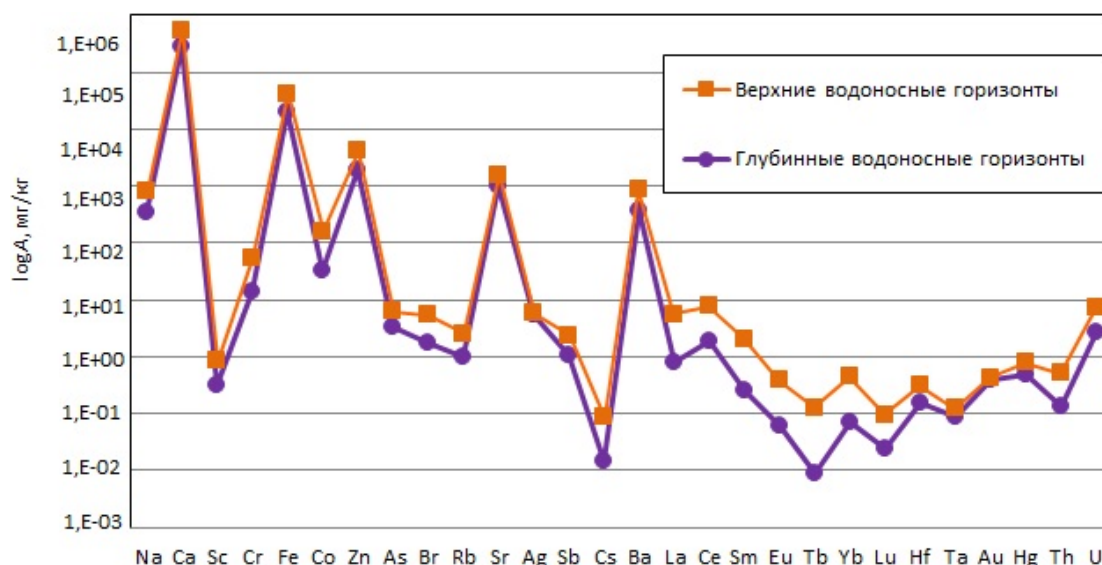


Рис. 4. Сравнительная характеристика содержания элементов в накипи питьевых вод глубоких и поверхностных водоносных горизонтов

Кемеровская область и Красноярский край также богаты минеральными ресурсами, которые могут оказывать влияние на состав вод водоносных комплексов юго-восточной части Томской области, что может отразиться на составе солевых отложений, отобранных из теплообменной посуды.

Построенные геохимические ряды элементов в накипи питьевых вод четко отражают специфику районов Томской области (табл. 4). Коэффициенты накопления рассчитывались путем нормирования среднего значения по району к среднему по области, которое вычислялось как среднее арифметическое за исключением «ураганных проб».

Из анализа этой таблицы видно, что выделяется группа районов (Тегульдетский, Зырянский, Верхнекетский), которые отличаются наибольшим количеством концентрирующихся элементов в наки-

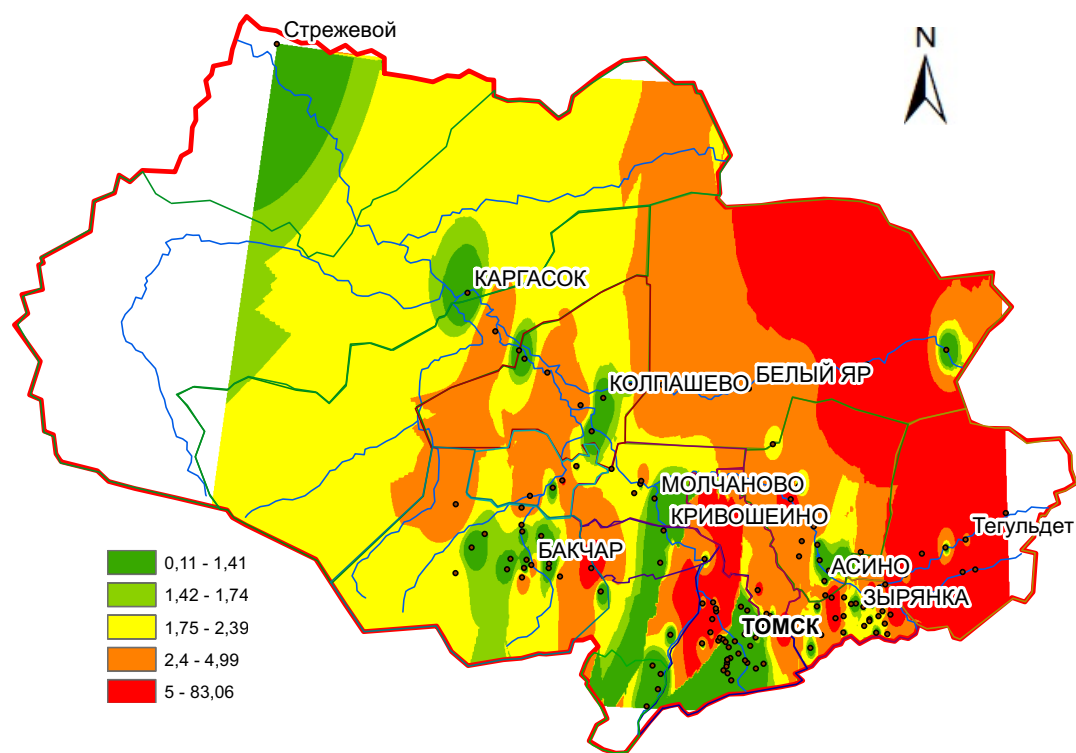
пи с коэффициентом накопления больше 1,5. О природе таких концентраций можно говорить, исходя из анализа карты полезных ископаемых Томской области. Территория Зырянского района богата естественными рудопроявлениями, такими как Чулымо-Енисейский бокситоносный район, Яйское урано-буроугольное проявление, проявления железных руд. Циркон-ильменитовые проявления характерны как для территории Зырянского, так и Тегульдетского районов, кроме того, можно предположить, что влияние оказывают граничащие регионы: Кемеровская область и Красноярский край, богатые различного рода месторождениями.

По наличию в спектре элементов железа и хрома выделилась группа районов (Колпашевский, Чаинский, Кривошеинский, Шегарский), распо-

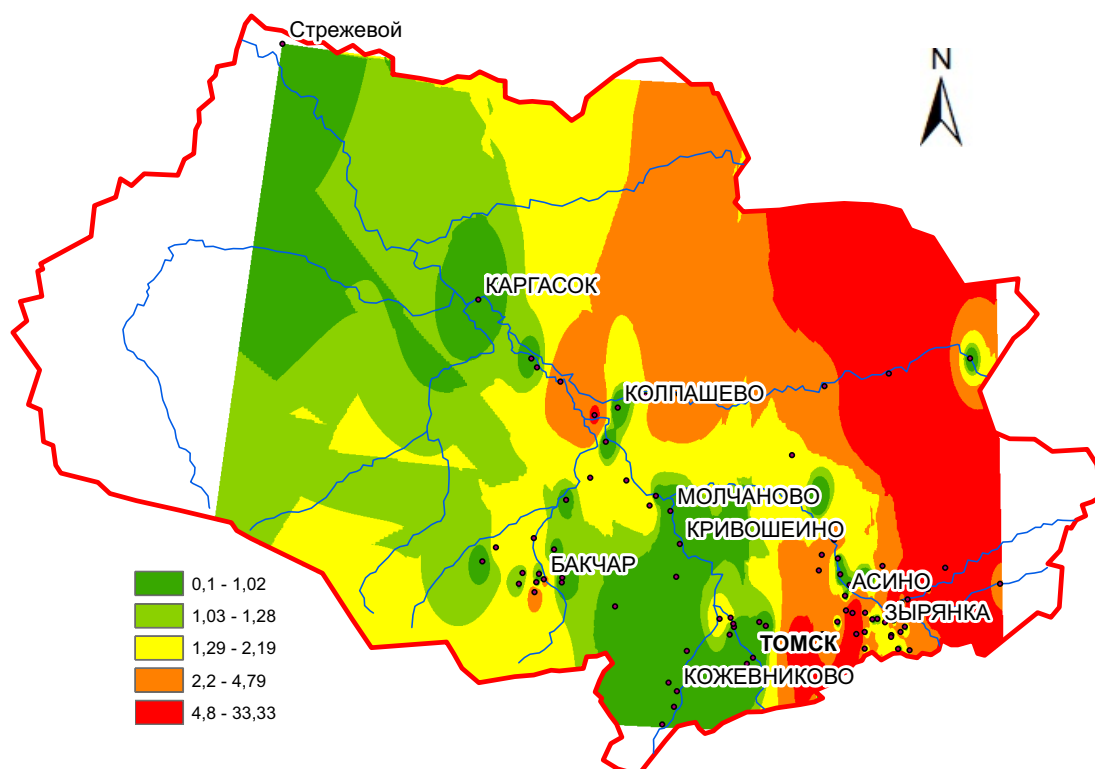
Таблица 4. Геохимическая специфика накипи питьевых вод относительно среднего по Томской области

Тегульдетский район (N=19)	Eu13,1 Sm11,7 Co10,3 Yb9,7 Cr9,3 Th8,2 Lu5,8 U5,6 Hf4,9 Sb4,7 Rb4,1 Cs4,1 Fe3,8 Tb3,6 Sc2,8 Ce2,8 Ba2,4 La1,8 Zn1,5
Зырянский район (N=16)	Ag12,3 Au5,9 Hf4,6 Ta3,5 Sb3,4 Eu3,3 Lu2,6 Yb2,2 Na2,1 Th2 U2 Sc1,8 Zn1,7 Co1,6 Fe1,5 La1,5
Верхнекетский район (N=16)	Yb16 Lu14 Eu12,3 Fe11 Zn7,3 Tb7 Sb6,1 La5,9 Sc5,4 Cr5 Sm4,9 Co4,5 Ba3,1 U3 Ce2,6 Th2,2
Асиновский район (N=9)	Hf2,5 Sc2,4 Au2,3 Sm2 Cr1,9 Sb1,9 Zn1,7 Cs1,6 Yb1,5
Первомайский район (N=8)	Ta7,4 Rb2,8 Fe2,3 Co2 Th2 Ba1,9 U1,5 Sc1,5
Томский район (N=9)	Tb6 Eu5,6 La5,3 Yb3,8 Sm3,6 Cs3,3 Lu2,4 Br2,1 Ce1,8
Парабельский район (N=7)	Ta4,7 Cr4,2 Rb4,1 Sb3,5 Th3,1 Hf2,4 Tb1,7
Колпашевский район (N=5)	Fe4,6 Cr3,9 Rb2,4 Cs1,8 U1,6
Чаинский район (N=2)	Cr2,2 Zn1,5
Шегарский район (N=1)	Fe4,5
Кривошеинский район (N=4)	Fe3,2 Sb1,8 Ba1,7 Ta1,6
Молчановский район (N=3)	Au10,4 Ag5,7 Br1,7
Кожевниковский район (N=2)	Ag3,2 Zn1,5
Бакчарский район (N=4)	Na3,4 Rb2,3 Sb2 As1,5
Каргасокский район (N=2)	Co1,6 Hf1,5

Примечание: N – количество элементов, коэффициент накопления которых больше 1,5. Выделены элементы с коэффициентом накопления более 2,5.



а



б

Рис. 5. Сумма содержаний (мг/кг) редкоземельных элементов (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) в накипи питьевых вод: а) разных горизонтов и б) глубинных

ложенных на территории Западно-Сибирского железорудного бассейна. В Колпашевском районе зафиксирован Колпашевский железорудный узел, в Шегарском районе находится Поздняковское железорудное проявление. Специфика Бакчарского района по наличию железа не проявилась, возможно, здесь железо имеет другие формы нахождения и не накапливается в накипи, что требует более детального исследования. Известен факт, что руды Бакчарского месторождения богаты мышьяком, и полученный нами спектр элементов этому подтверждение.

Обращает на себя внимание ярко выраженная геохимическая специфика по Au и Ag в солевых отложениях из питьевых вод в Зырянском, Молчановском и Кожевниковском районах.

По накоплению урана в накипи питьевых вод в порядке убывания районы выстраиваются в следующий ряд: Тегульдетский-Верхнекетский-Зырянский-Колпашевский-Первомайский. Среднее содержание урана в питьевой воде с. Семеновка Зырянского района составляет 1,9 мкг/л, при максимальном его значении — 2,8 мкг/л [23]. Причина появления столь высоких концентраций урана в питьевой воде и ее накипи в населенных пунктах, расположенных в восточной и юго-восточной части Томской области (Зырянский, Первомайский и Тегульдетский районы), может быть объяснена наличием ураноносных бурых углей, залегающих на уровне глубинных водоносных горизонтов. В Верхнекетском и Колпашевском районах опробовались глубинные источники питьевого водоснабжения (глубина залегания более 100 м), что позволяет предположить естественную природу урана и еще раз подтверждает, что эти районы расположены в потенциально ураноносной зоне, выделяемой по другим признакам [24].

Геохимический ряд Томского района представлен редкоземельными элементами и бромом. Повышенное содержание этих элементов обнаружено в накипи питьевых вод в селе Моряковский Затон, расположенном в северо-восточной части района. В данном населенном пункте используются воды для питьевых нужд из верхних водоносных горизонтов, что позволяет фиксировать влияние техно-

генного источника — предприятий Томск-Северской промышленной агломерации, либо стекольного завода, работавшего ранее в этом населенном пункте и использовавшего местные пески с титан-циркониевой минерализацией.

Для выявления региональных особенностей состава солевых отложений (накипи) питьевых вод проведен сравнительный анализ состава накипи питьевых вод Томской, Челябинской и Иркутской областей (рис. 6). В Челябинской области опробовались три населенных пункта (Муслимово, Худайбердинск, Аргаяш), расположенных вблизи крупного ядерно-топливного цикла НПО «Маяк». В Иркутской области исследовано более 64 проб, в том числе из населенных пунктов, расположенных в зоне проведения подземного ядерного взрыва «Рифт-3». Расчет средних содержаний по регионам показал, что Челябинская и Иркутская области по отношению к Томскому региону отличаются повышенными содержаниями U и Br. Кроме того, к геохимическим особенностям состава накипи питьевых вод Челябинской области следует отнести повышение содержания редкоземельных элементов по сравнению с другими исследуемыми областями. В Томском регионе в солевых отложениях отмечается повышенное содержания железа и кобальта, что отражает общую геохимическую специализацию области, связанную с повышенными концентрациями данных элементов в воде за счет распространения руд Западно-Сибирского железорудного бассейна [25].

Как показывают наши исследования, элементный состав накипи хорошо отражает техногенную составляющую воздействия. Для более яркого представления рассчитаны средние содержания элементов для выборки населенных пунктов, находящихся под постоянным воздействием Томск-Северской промышленной агломерации: Георгиевка, Наумовка, Черная речка (Юкса), Самусь, Орловка, Кижирово, Моряковка, Козюлино. Результаты показали, что в этих населенных пунктах содержание таких элементов, как Br, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf выше по сравнению со значениями в целом по Томскому региону. С той же целью для Иркутской области в отдельную выборку были объединены населенные пункты, расположенные в зоне

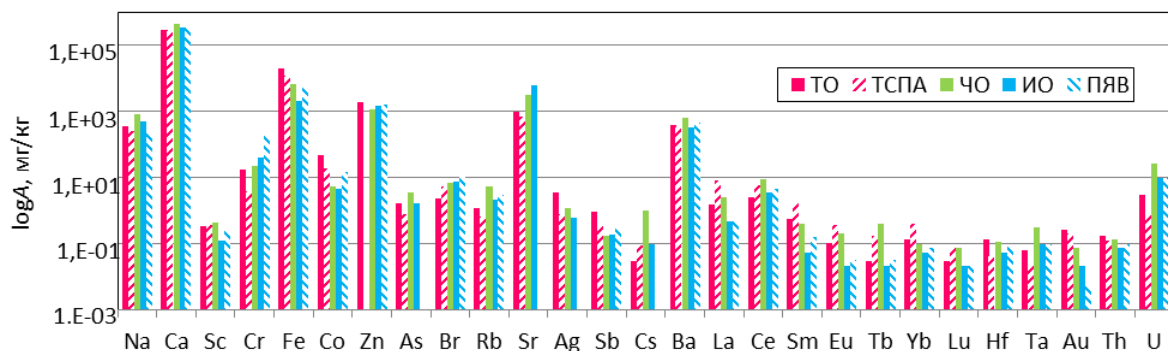


Рис. 6. Региональные особенности состава накипи питьевых вод: ТО – Томская область; ТСПА – Томск-Северская промышленная агломерация; ЧО – Челябинская область; ИО – Иркутская область; ПЯВ – подземный ядерный взрыв; среднее содержание посчитано с учетом «ураганных» проб

проведения ядерного взрыва: Хандагай, Обуса, Борохол. Расчет среднего по этой выборке показал, что содержание Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sb, Ba, Ce, Sm, Yb, Hf, Th в этих населенных пунктах выше, чем в целом по Иркутской области.

Закключение

Изучен элементный состав накипи, образуемой в бытовых нагревательных приборах при кипячении питьевых подземных вод Томской области. Показано, что накипь несет значительную инфор-

мацию об особенностях микроэлементного состава подземных вод и может служить индикатором техногенной и природной составляющей воздействия на исследуемые объекты. Элементный состав накипи отражает степень техногенной нагрузки и позволяет выявить региональные особенности исследуемой территории.

Авторы выражают благодарность профессору доктору геолого-минералогических работ, заведующему кафедрой «Геоэкология и геохимия» Леониду Петровичу Рихванову за ценные советы и помощь при подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Солевые образования – индикатор загрязнения среды при геохимическом мониторинге // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в окружающей среде: Докл. II Междунар. научно-практ. конф. – Семипалатинск, Казахстан. – Т. 2. – Семипалатинск, 2002. – С. 426–432.
2. Tapkhaeva A.E., Taisaev T.T., Rikhvanov L.P., Yazikov E.G., Baranovskaya N.V. Geochemical Specialization of Limescale of Water-Sources Illustrated by Two Regions in Siberia // Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal. – 2010. – V. 17. – № 4. – P. 685–696.
3. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге // Известия вузов. Геология и разведка. – 2004. – № 1. – С. 67–69.
4. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Янкович Е.П. Особенности элементного состава солевых образований питьевых вод юга Томской области // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2009. – № 4. – С. 375–381.
5. Язиков Е.Г., Барановская Н.В., Рихванов Л.П. Использование солевых образований (накипи) для целей геохимического районирования территорий // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Матер. Междунар. научной конф., посвящ. столетию со дня рождения акад. К.И. Лукашева, 14–16 марта 2007 г. – Минск, Беларусь, 2007. – С. 252–254.
6. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Сухих Ю.И. и др. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / под ред. А.Г. Бакирова. – Томск: Изд-во «Курсив», 2006. – 216 с.
7. Официальный сайт Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области. Состояние окружающей среды Томской области. Экологический мониторинг в 2008 году. 2010. URL: <http://www.green.tsu.ru> (дата обращения: 20.10.2010).
8. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М. и др. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / под ред. Д.С. Покровского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 176 с.
9. Архипенко Д.К., Столповская В.Н., Григорьева Г.Н. и др. Исследование осадка, образующегося на фильтрах обезжелезивания // Химия и технология воды. – 1986. – Т. 8. – № 6. – С. 62–64.
10. Вологодина И.В., Лычагин Д.В., Покровский Д.С. и др. Изучение минеральных новообразований подземных водозаборов г. Томска // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: Матер. научной конф., посвящ. 120-летию основания ТГУ. – 1–4 апреля 1998. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. – Т. 3. – С. 38–42.
11. Телеснецкий А.Ф., Тимашев В.В., Волкова А.В. Исследование состава осадков водопроводных станций с целью использования их для производства строительных материалов // Труды Московского химико-технологического института. Сер. Силикаты. – 1969. – Вып. 39. – С. 283–285.
12. Шевченко Л.Я. Утилизация осадков водопроводных станций // Водоснабжение и санитарная техника. – 1985. – № 4. – С. 21–34.
13. Удодов П.А. Гидрогеохимия поисков рудных месторождений / под ред. Б.А. Колотова, С.Р. Крайнова, В.З. Рубейкина, Б.Г. Самсонова. – М.: Недра, 1983. – 199 с.
14. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2007 году / гл. ред. А.М. Адам. – Томск: Графика, 2008. – 148 с.
15. Покровский Д.С., Ермашова Н.А., Рогов Г.М., Рехтин А.Ф. Районирование территории Томской области по условиям подготовки подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2000. – № 2. – С. 228–240.
16. Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: пат. 2298212 Рос. Федерация. № 2005120840; заявл. 04.07.05; опубл. 27.04.07, Бюл. № 12. – 6 с.
17. Судыко А.Ф. Определение элементного состава углей и зол углей нейтронно-активационным методом // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири: Матер. Межрегион. науч.-практ. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – С. 293–297.
18. Официальный сайт туристической фирмы «Турне». Общая информация о курорте Памуккале. 2010. URL: <http://www.tur-ne.com/ua/resort/pamukkale> (дата обращения 01.11.2010).
19. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
20. Шварцев С.Л., Пиннекер Е.В., Перельман А.И. и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия. – Новосибирск: Наука, 1982. – 286 с.
21. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис.... д-р геол.-минерал. наук. – Томск: Б.и., 2006. – 423 с.
22. Монголина Т.А. Содержание элементов в накипи питьевых вод разных водоносных горизонтов Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIII Междунар. симп. студ. и молодых ученых им. акад. М.А. Усова. – Томск, ТПУ, 6–11 апреля 2009. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 730–732.
23. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.
24. Домаренко В.А., Соболев И.С., Рихванов Л.П. Гамма-спектрометрические исследования поверхностных отложений нефтегазовых площадей Западной и Средней Сибири // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2010. – Вып. 12. – С. 120–128.
25. Рудные месторождения СССР: в 3-х вып. 12 т. / под ред. В.И. Смирнова. – М.: Недра, 1978. – Т. 1. – 352 с.

Поступила 30.11.2010 г.