

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.064.36:550.4(517.16)

Е.Г. ЯЗИКОВ, Л.П. РИХВАНОВ, Н.В. БАРАНОВСКАЯ

ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ СОЛЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ВОДЕ
ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Представлены результаты изучения солевых образований в воде населенных пунктов Томской и Челябинской областей. Установлены уровни накопления тяжелых металлов, в том числе редкоземельных и радиоактивных, в сухих остатках после выпаривания воды. Приведены содержания различных химических элементов в твердом осадке из снега и урана в воде.

При геохимическом мониторинге природных сред, исходя из опыта Ю.Е. Саета [2], А.Л. Ковалевского [4], М.А. Глазовской [3], Н.С. Касимова [10], наиболее информативно изучение геохимии снега, почв, донных отложений, растений и воды.

Авторы в ходе реализации программы «Радиационный мониторинг Томской области» и при выполнении научно-исследовательской работы «Оценка качества среды обитания человека на юге Томской области с целью возможного выделения радиационного фактора заболеваемости» провели комплексные эколого-геохимические исследования в населенных пунктах Томской области, расположенных на разных расстояниях и в различных направлениях от основных промышленных производств Томска и Северска, в том числе и ядерно-топливного цикла — Сибирского химического комбината (СХК), являющихся источниками загрязнения природной среды в этой части области [11]. В порядке постановки опытно-методических работ отобраны солевые отложения (накипь) из посуды, представляющие собой многомесячные или, возможно, многолетние сухие остатки, осаждающиеся из питьевой воды, и отражающие, как нам представляется, многолетний суммарный химический состав используемых вод. Для сравнительной характеристики региональных особенностей солевых отложений проведены исследования в трех населенных пунктах Челябинской области (села Муслумово, Худайбердинск и Аргаяш), на которые влияет крупное предприятие ядерно-топливного цикла «Маяк».

Отбор проб и обработка материалов проведены согласно инструктивных материалов, а химический анализ выполнен в аккредитованных аналитических лабораториях Новосибирска и Томска. Исследование химического состава солевых отложений (накипи) из посуды проведено в 40 пробах

из девяти населенных пунктов Томской области и в 15 пробах из трех сел Челябинской области с помощью нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории Томского политехнического университета, функционирующей на базе исследовательского реактора Института ядерной физики при ТПУ (табл. 1, 2).

Солевые отложения из вод Томской области представляют собой карбонатные образования с содержанием кальция от 21,7% (с. Комсомольск) до 53% (с. Бундюк) и примесью железа от 0,4% (с. Коломинские Гривы) до 2,56% (с. Семеновка). При сравнении с концентрациями аналогичных макроэлементов в солевых отложениях из вод Челябинской области можно отметить, что данные по содержанию кальция близки (от 29,7% с. Муслумово до 52,4% с. Аргаяш), а содержание железа несколько ниже (от 0,59% с. Худайбердинск до 0,77% с. Муслумово), чем в с. Семеновка (2,56%). Анализ материала показал, что из солевых отложений всех изученных населенных пунктов Томской области по содержанию урана выделяется с. Семеновка, у жителей которого в накипи установлены повышенные концентрации радиоактивных элементов (U 5,7, Th 2,2 мг/кг) и тяжелых металлов: Co 379,7, Ni 2308, Cr 102, As 4,8 мг/кг (табл. 1). При этом специфическая особенность солевых отложений в данном населенном пункте — присутствие максимальных количеств редких (Ta и Hf) и редкоземельных (Ce, Sm, Eu, La, Tb, Yb, и Lu) элементов по сравнению с другими населенными пунктами. Кроме того, повышенные концентрации U (3,2 мг/кг) и Sb (2,4 мг/кг) отмечены в накипи на посуде в с. Новониколаевка, а в с. Комсомольск выявлены Co (158 мг/кг) и Ni (536 мг/кг). По величине отношения Th/U < 1, характеризующего урановую природу солевых отложений накипи [7], выделены села Новоникола-

Среднее содержание химических элементов в солевых отложениях (накипи) на юге Томской области

Элемент	с. Новониколаевка (5)	с. Филимоновка (3)	с. Комсомольск (5)	с. Семеновка (5)	с. Коломинские Гривы (5)	с. Бундюр (4)
Na, %	0,03	0,03	0,03	0,38	0,02	0,04
Ca, %	35,2	39,7	21,7	27,3	32,8	53
Fe, %	1,16	0,87	1,92	2,56	0,4	1,58
Ba, %	0,03	0,02	0,098	0,052	0,021	0,031
Sr, %	0,03	0,1	0,04	0,01	0,01	0,03
Cr, мг/кг	39,2	22	24,6	102	23	32
Sb, мг/кг	2,4	0,3	0,8	0,3	0,3	1
Co, мг/кг	80,1	1,2	158	379,7	1,5	3,6
Ni, мг/кг	125	149	536	2308	99	101
As, мг/кг	0,5	0,5	2,6	4,8	1,6	1,9
Rb, мг/кг	10	10	10	10	10	10
Cs, мг/кг	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Hf, мг/кг	0,8	0,6	0,6	4,2	0,6	0,6
Ta, мг/кг	0,2	0,2	0,4	2	0,2	0,2
Sc, мг/кг	1,46	0,23	0,8	5,64	0,48	0,4
Ce, мг/кг	2,6	2,6	3,4	11,2	1,5	4,8
La, мг/кг	0,8	0,4	0,9	8,9	0,4	0,6
Sm, мг/кг	0,38	0,17	0,27	3,1	0,17	0,24
Eu, мг/кг	0,4	0,4	0,4	2	0,4	0,4
Tb, мг/кг	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09
Yb, мг/кг	0,15	0,11	0,05	1,4	0,08	0,05
Lu, мг/кг	0,05	0,01	0,02	0,48	0,01	0,03
Au, мг/кг	0,013	0,011	0,006	0,008	0,005	0,007
Ag, мг/кг	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
U, мг/кг	3,2	0,5	0,5	5,7	0,3	0,4
Th, мг/кг	0,5	0,5	0,8	2,2	0,5	0,5
Th/U	0,2	1	1,6	0,4	1,7	1,3
Ce/Eu	6,5	6,5	8,5	5,6	3,8	12
La+Ce/Yb+Lu	17	25	61	11	21	68

Примечание. Данные нейтронно-активационного анализа. В скобках — количество проб.

евка и Семеновка, а по индикаторному отношению суммы легких лантаноидов (La+Ce) к сумме тяжелых (Yb+Lu) установлено, что наименьшая величина (11) характерна для солевых отложений с. Семеновка, а наибольшая (68) для с. Бундюр (табл. 1).

Высокие концентрации U в карбонатных солевых образованиях в посуде (с. Семеновка и с. Новониколаевка) сопоставимы с уровнями концентрации U в кальцитах из гидротермальных урановых месторождений, локализованных в терригенно-карбонатно-сланцевой толще нижнего палеозоя (от 0,7 до 6,2 мг/кг, среднее 3 мг/кг), и в известняках нижнего кембрия (от 0,5 до 4 мг/кг, среднее 1,3 мг/кг) [5, 6].

Присутствие урана и редких земель в солевых отложениях (накипи) в посуде из питьевых вод с. Семеновка характеризует естественную ассоциацию этих компонентов, что, по-видимому, обусловлено наличием в данном районе горизонта бурых углей, содержащих повышенные количества урана, редких и редкоземельных элементов. Оценка горизонта углей на уран проводилась в 60-е гг. XX в. томскими геологами. Скважина для питьевого водоснабжения в данном населенном пункте заложена вблизи этого горизонта. Его водам присуща повышенная концентрация урана 1,93 мг/л (табл. 3). Сложнее объяснить высокие содержания урана в накипи из с. Новониколаевка.

Среднее содержание химических элементов в солевых отложениях (накипи) в Челябинской области

Элемент	с. Муслюмово (5)	с. Худайбердинск (3)	с. Аргаяш (5)
Na, %	0,1	0,08	0,08
Ca, %	29,7	48,9	52,4
Fe, %	0,77	0,59	0,62
Ba, %	0,097	0,53	0,044
Sr, %	0,30	0,29	0,32
Cr, мг/кг	21,8	25,6	22,9
Sb, мг/кг	0,3	<0,1	<0,1
Co, мг/кг	2,34	18,8	1,71
As, мг/кг	8,28	<1	<1
Rb, мг/кг	6,32	2,5	2,5
Cs, мг/кг	<1	<1	<1
Hf, мг/кг	0,13	<1	<1
Ta, мг/кг	<0,3	<0,3	<0,3
Sc, мг/кг	0,28	0,58	0,47
Ce, мг/кг	14,34	5,67	5,99
La, мг/кг	3,94	1,83	1,83
Sm, мг/кг	0,748	0,19	0,23
Eu, мг/кг	<0,2	<0,2	<0,2
Tb, мг/кг	<0,04	0,04	<0,04
Yb, мг/кг	<0,09	<0,09	<0,09
Lu, мг/кг	0,08	0,05	0,06
Au, мг/кг	0,049	0,12	0,07
Ag, мг/кг	1,28	<1	1,1
U, мг/кг	43,84	16,83	17,27
Th, мг/кг	0,12	0,17	0,13
Th/U	0,003	0,01	0,008
Ce/Eu	71,7	28,4	29,9
La+Ce/Yb+Lu	107	53,6	52

Примечание. Данные нейтронно-активационного анализа. В скобках — количество проб.

Наблюдаются некоторые региональные различия химических составов солевых отложений. На северо-востоке области (села Комсомольск, Новониколаевка, Филимоновка, Семеновка) солевые отложения обогащены U, Th, Ta, Hf, редкими землями, Ba, Fe, Ni, Co и другими микроэлементами. На северо-западе области (села Коломинские Гривы, Бундюр) установлены низкие значения U, La, Yb, Co. Такие различия могут быть обусловлены деятельностью промышленных предприятий Томска, в том числе ядерно-топливного цикла — СХК, учитывая, что роза ветров ориентирована в северо-восточном направлении. Например, по данным А.Ю. Шатилова [9], в твердом осадке из снега в населенных пунктах (села Минаевка, Новониколаевка,

Т а б л и ц а 3

Содержание урана (мг/л) в питьевой воде (юг Томской области)

Содержание	с. Новониколаевка	с. Филимоновка	с. Комсомольск	с. Семеновка	с. Коломинские Гривы	с. Бундюр
Среднее	0,22	0,08	0,3	1,93	0,17	0,38
Минимум/максимум	0,1/0,45	0,068/0,094	0,088/1,0	0,39/2,9	0,13/0,26	0,11/1,4
Количество проб	5	3	5	5	5	4

Примечание. Данные лазерно-люминесцентного анализа, лаборатория ФГУП «Березовгеология», г. Новосибирск.

Среднее содержание химических элементов в твердом осадке из снега (юг Томской области)

Элемент	с. Минаевка (2)	с. Новониколаевка(2)	с. Филимоновка(2)	с. Новокусково (1)	с. Семеновка (1)	с. Зырянское (2)
Na, %	0,73	0,63	0,52	0,76	0,28	0,52
Ca, %	3,64	0,23	3,8	3,6	3,2	0,54
Fe, %	2,5	4,1	3,7	2,9	7,4	2,05
Ba	530,5	1068,5	700,5	422	454	493
Sr	<200	<200	<200	921	<200	<200
Sr, мг/кг	79,9	119,2	93,45	38,4	50,6	64,65
Sb, мг/кг	4,4	4,5	3,7	<0,6	<0,6	1,35
Co, мг/кг	10,7	15,85	15,5	10,7	11,1	11,35
As, мг/кг	<2	<2	<2	<2	44,9	30,1
Rb, мг/кг	49,5	114,5	72	<20	35	48,5
Cs, мг/кг	3,2	4,2	4,5	<1	2,3	3,05
Hf, мг/кг	6,3	6,8	7,4	3,5	3,3	6,4
Ta, мг/кг	1,1	1,7	2,2	1,2	<0,5	<0,5
Sc, мг/кг	7,3	11,7	11,8	5,7	6,6	6,1
Ce, мг/кг	46,1	79,1	74	31,2	18	37,4
La, мг/кг	17,8	23,8	27,8	13	13,5	16,45
Sm, мг/кг	2,4	4,3	3,3	1,6	2,3	2,35
Eu, мг/кг	0,96	1,3	1,1	0,58	0,68	0,81
Tb, мг/кг	0,71	0,85	0,87	0,72	0,35	0,45
Yb, мг/кг	1,82	1,7	2,1	1,1	0,77	1,3
Lu, мг/кг	0,59	0,23	0,34	0,2	0,43	0,29
Au, мг/кг	3,88	0,78	0,72	0,1	0,19	0,06
Ag, мг/кг	4,8	<2	<2	<2	<2	<2
U, мг/кг	7,6	5,2	9,6	5,4	4,6	4,35
Th, мг/кг	4	6,3	7,05	3,4	3,2	3
Th/U	0,5	1,2	0,7	0,6	0,7	0,7
Ce/Eu	48	60,8	67,3	53,8	26,5	46,2
La+Ce/ Yb+Lu	26,5	53,3	41,7	34	26,2	33,9

П р и м е ч а н и е. Данные нейтронно-активационного анализа. В скобках — количество проб.

Филимоновка), попадающих в зону воздействия преобладающих ветров от СХК, фиксируются повышенные количества как радиоактивных, редких и редкоземельных элементов, так и тяжелых металлов (Ba, Sr, Sb, Co) (табл. 4). Специфическая особенность снегового покрова в населенных пунктах (с. Семеновка и с. Зырянское), расположенных восточнее зоны основного воздействия СХК — наличие повышенных концентраций в твердом осадке из снега лишь As (табл. 3).

Присутствие повышенных количеств U, Hf, Sc, Yb и Sb в солевых отложениях с. Новониколаевка может характеризовать общую экологическую обстановку данного района и соответствующие техногенные выпадения. Так, используемые для заварки лист смородины, чага, лекарственные травы, собранные в данном районе, могут способствовать накоплению в солевых отложениях перечисленных элементов.

Сравнение содержаний урана в накипи Томского региона и Челябинской области (табл. 2), свидетельствует, что везде в Уральском регионе фиксируются аномально высокие концентрации урана (с. Муслюмово 43,84 мг/кг, с. Худайбердинск 16,83 мг/кг, с. Аргаяш 17,27 мг/кг). В с. Муслюмово минимальное содержание урана (2,7 мг/кг) и ряда тяжелых металлов (Ba, Sr, Sb, Co) установлено в накипи, образующейся из воды колодцев, а максимальное (67,6 мг/кг) — из воды более глубокого водоносного горизонта центрального водоснабжения (табл. 4). Содержание U в накипи из воды в двух других поселках с центральным водоснабжением характеризуется малым разбросом от 16,1 до 17,8 мг/кг в с. Худайбердинск и от 14,3 до 21,8 мг/кг в с. Аргаяш. Величина Th/U < 1 типична для всех населенных пунктов (табл. 2). Пробам накипи из с. Муслюмово свойственны повышенные содержания Sm, La, Ce, Lu, Sr, Se, As, Rb, Fe, Sb, Ag и др. Накипь из воды с. Худайбердинск концентрирует значительные количества Au, Se, Th, Co, Sc, Cr, Zn, Sr, Ca по сравнению с другими населенными пунктами, а из с. Аргаяш — Ca, Sr (табл. 2).

По сравнению с Томской областью в пробах отмечается высокое содержание Sr. Это можно объяснить тем, что район исследования находится в

зоне восточно-уральского следа радиоактивного загрязнения, которой присуще повышенное содержание техногенных радионуклидов, особенно Sr⁹⁰. Прежде всего это относится к с. Муслюмово, расположенному на р. Теча, характеризующейся максимальным загрязнением Sr⁹⁰ и рядом других радионуклидов [1, 8].

Возможно, некоторые геохимические особенности солевых образований воды из населенных пунктов Челябинской области могут быть обусловлены наличием в районе бокситов и лигнитов, в которых локализованы проявления урана [8].

Таким образом, состав накипи может служить объектом изучения и геохимического районирования при мониторинге территорий.

ЛИТЕРАТУРА

- Булатов В. И. Россия радиоактивная. Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. 272 с.
- Геохимия окружающей среды / Под ред. Ю.Е. Саета, Б.А. Ревича, Е.Н. Янина и др. М.: Недра, 1990. 336 с.
- Глазковская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
- Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений. М.: Наука СО, 1991. 294 с.
- Рихванов Л. П., Язиков Е. Г., Сарнаев С. И. Уран и торий в карбонатных минералах. Статья I // Изв. вузов. Геология и разведка. 1986. № 7. С. 37—42.
- Рихванов Л. П., Язиков Е. Г., Сарнаев С. И. Уран и торий в карбонатных минералах. Статья II // Изв. вузов. Геология и разведка. 1986. № 8. С. 34—38.
- Смыслов А. А. и др. Радиогохимические исследования. Методические указания. Л., 1974. 140 с.
- Уткин В. И. и др. Радиоактивные беды Урала. Екатеринбург: УРО РАН, 2000. 93 с.
- Шатлов А. Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории Обского бассейна. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Томск: ТПУ, 2001. 205 с.
- Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 336 с.
- Экология северного промышленного узла города Томска: проблемы и решения / Под ред. А.М. Адама. Томск: Изд-во ТГУ, 1994. 260 с.

Томский политехнический университет
Рецензент — В.Л. Зверев