

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.4:546.79(571.53)

ИСТОЧНИКИ УРАНА, ТОРИЯ И СЕРЫ В СНЕГОВОЙ ВОДЕ ИРКУТСКО-АНГАРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ (ПРИБАЙКАЛЬЕ)

В.И. Гребенщикова, П.П. Грицко



Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

Результаты геохимического мониторинга распределения радионуклидов (U, Th) и S в снеговой воде Прибайкалья на территориях двух крупных промышленных городов – Иркутска, Ангарска и их окрестностей показали, что содержания рассмотренных элементов характеризуются незначительной вариабильностью, но часто превышают как региональный фон Байкальского региона, так и локальный природный фон снеговой воды озера Байкал. Основным источником поступления изученных радионуклидов и серы является аэротехногенный перенос за счет эксплуатации в городах топливно-энергетических предприятий, печного отопления в частном жилом секторе и многочисленного автотранспорта. Ранее выявленные нами локальные «аномалии» повышенного содержания радионуклидов в почвах Иркутска и Ангарска аналогичны повышенным концентрациям радиоэлементов и серы в снеговой воде на территории городов. Установлено, что жилые территории рассмотренных городов испытывают более слабое влияние промышленных зон за счет обилия в городах зеленых насаждений, разграничивающих жилые и промышленные участки, которые способны аккумулировать поступающие в воздух токсиканты. Сравнительный анализ снеговой воды в ближайшем к Иркутску поселке Листвянка на берегу Байкала показал, что там также происходит увеличение загрязнения, обусловленного значительной и неконтролируемой туристической нагрузкой.

Ключевые слова: снеговая вода, уран, торий, сера, промышленные и жилые районы городов, техногенные источники, радионуклиды.

Важными информативными источниками эколого-геохимического состояния окружающей среды, аккумулирующими в себе все загрязнители, являются природные сорбенты – почвенный и снеговой покровы. Почвенный покров содержит широкую гамму химических элементов, в том числе радиоактивных элементов естественного и искусственного происхождения, так как представляет собой благоприятную среду для их поглощения. В почвах Прибайкалья содержания урана и тория изучены достаточно хорошо [Коваль и др., 2000; Кузнецов и др., 2013; Грицко, Гребенщикова, 2014; Гребенщикова и др., 2017; Chernyago et al., 2012;]. Многочисленные публикации по распределению токсичных элементов в городских почвах имеются по другим городам России [Alekseenko, Alekseenko, 2014; Artamonova, 2016] и мира [Batijargal et al., 2010; Charro et al., 2013; Cinelli et al., 2017].

Сведений о распределении радионуклидов в снеговом покрове промышленных городов Иркутской области получено недостаточно. Однако следует отметить, что почвы формируются продолжительное время и, соответственно, длительно накапливают токсичные элементы, а состав снега меняется каждый год в зависимости от выбросов различными предприятиями и только затем токсиканты могут поступать в почву и поверхностную воду. Поэтому снеговой покров может предоставлять информацию о возможном загрязнении

в настоящее время (в последние годы), что более достоверно позволит судить об источниках их поступления [Геохимия..., 2008; Гребенщикова, 2013; Таловская и др., 2016; Voutsas, Samara, 2002; Bozlaker et al., 2013; Grebenshchikova et al., 2017].

Однако и это не всегда возможно, так как зависит от ландшафтно-географического положения территории, направления и силы ветра и других причин. Согласно имеющимся данным [Павлова и др., 2015], среди элементов, изучаемых в снеговом покрове г. Благовещенска Амурской области, нет достаточно полной картины об источниках и путях распространения высокотоксичных элементов, к которым относятся также и радионуклиды.

В эколого-геохимическом мониторинге снеговой покров представляется более доступным и широко применяемым компонентом окружающей среды, химический состав которого свидетельствует в целом о ее состоянии. В Байкальском регионе снеговой покров накапливается в течение длительного периода (более 5 месяцев). Его геохимические особенности сохраняют информацию о происходящих химических изменениях в атмосфере за весь зимний период [Гребенщикова, 2013].

Снег выступает долговременным депонирующим компонентом и существенным информативным источником изучения природы аэротехногенных выпадений из атмосферы, аккумулирующим в себе в

зимний период все поллютанты, поступающие в атмосферу. Для снеговой воды и почвенного покрова нет данных по предельно допустимым концентрациям урана и тория, утвержденных санитарно-эпидемиологическими службами, поэтому при сравнении полученной информации учитываем региональные фоновые содержания радионуклидов и локальный (природный) фон в наиболее чистом районе озера Байкал, где нет промышленных предприятий и население постоянно не проживает.

Основная цель работы – изучение распределения содержаний радионуклидов (урана и тория), а также серы в пробах талой снеговой воды, отобранных на территориях наиболее крупных промышленных центров Прибайкалья – Иркутска, Ангарска и выявление возможных источников поступления поллютантов в снеговой покров исследуемых городов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлась талая снеговая вода урбанизированных территорий крупных промышленных городов Иркутской области – Иркутска, Ангарска и их окружения, подверженных воздействию многопрофильных производственных предприятий.

Город Иркутск – областной центр Иркутской области, расположен на берегах рек Иркут и Ангары, которая является единственным стоком озера Байкал (рис. 1). Самыми крупными производствами в городе являются авиационный завод и Ново-Иркутская ТЭЦ.

Город Ангарск расположен в 70 км на СЗ от Иркутска, в междуречье Ангары и Китоа. По сравнению с Иркутском, Ангарск относительно молодой город, в градостроительном плане которого изначально было предусмотрено разделение на промышленную и жилую зоны с сохранением между ними природной лесозащитной полосы (сосновый лес, парки и др.). Крупные промышленные предприятия города представлены нефтегазоперерабатывающими заводами, заводом по обогащению урана, а также несколькими крупными ТЭЦ, обслуживающими население и предприятия.

В настоящее время уровень загрязнения воздушного бассейна в городах Иркутск и Ангарск оценивается как очень высокий, причем по сравнению с 2017 г. степень загрязнения в г. Ангарске возросла [Государственный..., 2019]. Существенное влияние оказывают также природно-климатические факторы, препятствующие рассеиванию техногенных выбросов на территории исследуемых городов. В городах отмечаются низкие среднегодовые температуры воздуха, воды и почвы, длительный период промерзания компонентов окружающей среды, что может обуславливать пониженную возможность их к самоочищению от антропогенного воздействия.

Источники выбросов в атмосферу, главным образом, это крупные объекты энергетики, машиностроения и металлообработки, предприятия по производству строительных материалов, транспорта, жилищного хозяйства. Количество промышленных предприятий, в том числе и с вредным производством, в г. Ангарске существенно больше, чем в Иркутске. Здесь находятся электролизный химический комбинат по обогащению урана, многочисленные заводы: нефтеперерабатывающий, газовый, гипсовый, керамический, трубный, металлоконструкций и другие, а также несколько крупных ТЭЦ, которые вносят свой вклад в загрязнение города.

Дополнительную нагрузку на состояние объектов окружающей среды вносят мелкие котельные, функционирующие в городах, и жилой сектор с печным отоплением преимущественно в зимний сезон.

Стоит отметить, что больше всего загрязняющих веществ поступает в атмосферу от Ангарских и Ново-Иркутской ТЭЦ – 84 % от выбросов всех ТЭЦ, причем ингредиентная структура выбросов характеризуется преобладанием оксидов серы [Майсюк, 2017; Санеев, Майсюк, 2018], а также, по нашим данным, используемый уголь Иркутского угольного бассейна отличается относительно повышенными содержаниями радионуклидов [Гребенщикова и др., 2017]. Случаи превышения максимальной разовой предельно допустимой концентрации диоксида серы были отмечены в обоих городах [Государственный..., 2019].

Снеговая геохимическая съемка на территории городов Иркутска и Ангарска проводилась в течение 4 лет в конце февраля – начале марта, в конце сезона устойчивого снежного покрова перед началом снеготаяния. Опробование выполнялось по редкой сети примерно 1:100 000 (1 × 1 км) и определялось интенсивностью жилой и промышленной застройки на городских территориях.

Пробы снега отбирались на выбранной открытой площадке. Размер лунок от 30 × 30 см до 70 × 70 см, в зависимости от глубины слоя снега. При этом особое внимание обращалось на отбор слоев снега у земной поверхности, с целью исключения миграции различных веществ из почвенного и растительного покрова и их влияния на химический состав снега. В ряде случаев нижний слой от 5–10 до 15 см по этой причине не отбирался. Вес пробы составлял 10–15 кг. Доставленные пробы до обработки хранились при температуре ниже 0 °С. Для таяния снега пробу на ночь помещали в лаборатории в прозрачные полиэтиленовые ведра. Сразу отделялся твердый осадок от водной фазы, чтобы свести к минимуму процесс растворения техногенной пыли. В городе Иркутске выполнен химический анализ 34 проб снеговой воды, в Ангарске – 40 проб (таблица).

Вариации содержания U, Th и S в снеговой воде Иркутска и Ангарска и окружающих территорий, мкг/дм³

Variations of U, Th and S content in snow water of Irkutsk and Angarsk cities and adjacent territories, µg / L

Объект	Количество проб	U	Th	S
		<u>min-max</u> среднее	<u>min-max</u> среднее	<u>min-max</u> среднее
г. Иркутск	34	<u><0,05–0,35</u> 0,05	<u><0,01–0,16</u> 0,02	<u>800–16 000</u> 3 774
г. Ангарск	40	<u><0,05–0,50</u> 0,09	<u><0,001–0,04</u> 0,01	<u>800–9 007</u> 3 686
Байкальский локальный природный фон [Гребенщикова и др., 2017]	4	0,02	0,01	1 000
Берег Байкала (пос. Листвянка) в 2018 г.	12	<u>0,01–0,03</u> 0,02	<u>0,0004–0,005</u> 0,003	<u>888–1 999</u> 1 285
Берег Байкала (пос. Листвянка) в 2019 г.	12	<u>0,02–0,10</u> 0,04	<u>0,001–0,10</u> 0,01	<u>1 262–3 395</u> 2 562

Работа выполнена с использованием научного оборудования, аккредитованного ЦКП изотопно-геохимических исследований ИГХ СО РАН. Анализ снеговой воды выполнялся на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Element 2 фирмы Finnigan MAT (США) (аналитик О.В. Зарубина).

Результаты исследования и обсуждение

Как уже было отмечено, наиболее существенное воздействие на окружающую среду в Иркутской области оказывают предприятия топливно-энергетического комплекса: ТЭЦ, ГРЭС, котельные различной мощности, добывающие, перерабатывающие предприятия (уголь, нефть, газ и др.) и огромное количество автотранспорта при отсутствии метро. Поскольку такие предприятия расположены на территории городов или рядом, то загрязнение атмосферных осадков в дальнейшем сказывается на состоянии атмосферного воздуха, почвенного, снегового и растительного покровов, что существенным образом оказывает влияние на здоровье человека городских территорий Прибайкалья. С учетом данных по химическому составу компонентов окружающей среды был рассчитан агрегированный (ингаляционный и пероральный) риск для здоровья населения городов и сельских районов Прибайкалья. Установлено, что ингаляционный риск существенно выше перорального, т.е. токсиканты поступают в организм человека за счет атмосферного загрязнения. Также было показано, что для сельского населения агрегированный риск значительно меньше [Ефимова и др., 2016; Рукавишников и др., 2016]. Отмечается, что к числу приоритетных загрязнителей атмосферы в Прибайкалье относятся диоксиды серы и азота, бенз(а)пирен, формальдегид, тяжелые и радиоактивные металлы.

Минерализация снеговой воды в Иркутске изменяется незначительно, среднее значение 30 мг/дм³. Концентрация pH близка к нормальной и составляет 6,2–7,2. Максимальное значение минерализации, достигающее 300–500 мг/дм³, отмечено только ря-

дом с автозаправками, здесь также преобладают Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . На остальной территории города макрокомпонентный состав снеговой воды довольно однообразен.

Минерализация снеговых вод в Ангарске варьирует в более широких пределах – от 11 до 300 мг/л, средняя по городу – 44 мг/дм³. Максимальная минерализация отмечается на промплощадках в северной и восточной частях города и обусловлена повышенным содержанием в снеговой воде ряда макрокомпонентов – SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Na^+ и Ca^{2+} [Гребенщикова, 2013]. Особенностью химического состава снеговых вод территории промышленных зон Ангарска является достаточно высокий разброс величины pH – 5,3–9,7, т.е. от слабо кислых до щелочных. Минимальные значения pH отмечены в южной части города (район электролизного химического комбината и шламоотстойника ТЭЦ-9). Максимальные значения установлены в северной и восточной части промышленной зоны. Рассчитанная величина запыленности снегового покрова в Иркутске выше, чем в Ангарске.

Концентрация ионов водорода (pH) в снеговой воде заповедников Прибайкалья в среднем составляет 4,7 [Нецветова и др., 2004]. На западном берегу Байкала (природный фоновый район), где нет промышленных предприятий, pH составляет 5,4–6,3, минерализация – 9–17 мг/дм³.

На территории жилой части Ангарска рассмотренные макрокомпоненты и pH распределяются независимо от расстояния до промплощадок, но средние значения соответствуют региональным фоновым содержаниям. Распределение их обусловлено влиянием выбросов с промплощадок и находящихся там же ТЭЦ с последующим ветровым переносом.

По полученным нами ранее данным [Гребенщикова и др., 2008; Гребенщикова, 2013] и подтвержденными в последние годы, в снеговой воде г. Иркутска разброс содержаний как урана (от 0,01 до 0,35 мкг/дм³), тория (от 0,003 до 0,16 мкг/дм³), так и серы (от 1 170 до 16 600 мкг/дм³) довольно значителен, что свидетель-

ствует о неоднородном характере распределения этих элементов в снеговом покрове города, однако средние содержания довольно близки.

Радиационный фон любой территории складывается из природного фона и радиоактивного загрязнения, обусловленного антропогенным воздействием, поэтому при характеристике экологического состояния территории необходимо сравнивать полученные данные именно с региональным фоном, а не с кларками элементов [Гусева и др., 2019]. В связи с этим анализ данных проводился в сравнении с собственными данными ранее проведенных исследований [Гребенщикова и др., 2017], полученных для природной территории западного побережья оз. Байкал, где отсутствуют промышленные предприятия и нет постоянно проживающего населения. Данные по этому району можно принять как условно фоновые (природные), которые составляют для U – 0,02 мкг/дм³, Th – 0,01 мкг/дм³, S – 1 000 мкг/дм³ (см. таблицу).

В 2018–2019 гг. выполнен анализ снеговой воды на юго-западном берегу Байкала в пос. Листвянка в 70 км от Иркутска, который плотно застроен гостиницами, турбазами, здесь имеются как многоквартирные, так и частные дома, отапливаемые углем. На протяжении последних лет Листвянку интенсивно посещают туристы (до 1,5–2,0 млн человек в год),

многие – автотранспорте. Полученные значения содержаний элементов в снеговой воде пос. Листвянка показали отличия в сторону более низких значений только по торию в 2018 г. Однако в 2019 г. содержания U, Th и S в снеговой воде увеличились в 2 и более раза, что можно объяснить только ростом огромной социально-экологической (туристической) нагрузки на поселок и береговую часть Байкала, несмотря на отсутствие здесь промышленных предприятий. Значения радиоактивных элементов в снеговой воде несколько ниже, чем на городских территориях Иркутска и Ангарска, и близки к локальному природному фону на чистых берегах Байкала (см. таблицу), но в 2019 г. они приближаются к значениям в снеговой воде городских территорий. Содержание S при этом в 2–3 раза выше локального природного фона.

Построение на территории Ангарска и Иркутска площадных моноэлементных карт-схем распределения U, Th и S в снеговой воде позволило выявить ареалы повышенных содержаний элементов. Максимальные значения содержаний урана в пробах талой снеговой воды на территории Иркутска обнаружены вблизи левобережья р. Иркут на дачных и садовых участках, в районе расположения НИ ТЭЦ и на территории автозаправочной станции «КрайсНефть» – до 0,35 мкг/дм³ (левобережье Ангары) (рис. 1).

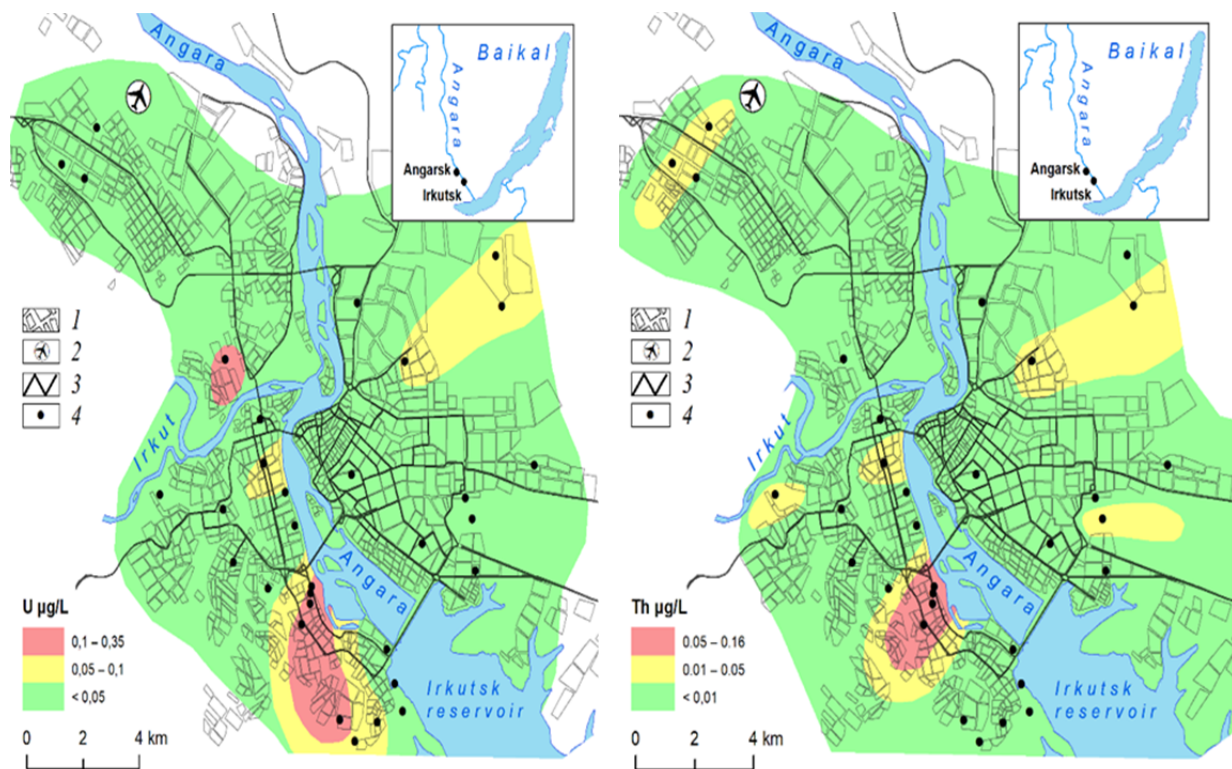


Рис. 1. Распределение концентраций урана и тория в снеговом покрове г. Иркутска и его пригорода, мкг/дм³

Здесь и на рис. 2: 1 – жилой сектор; 2 – авиазавод; 3 – автотрасса; 4 – места отбора проб снега

Fig. 1. Distribution of uranium and thorium concentrations in snow water of Irkutsk and its suburbs, µg/L
Here and in fig. 2: 1 – residential sector; 2 – aircraft factory; 3 – highway; 4 – snow sampling sites

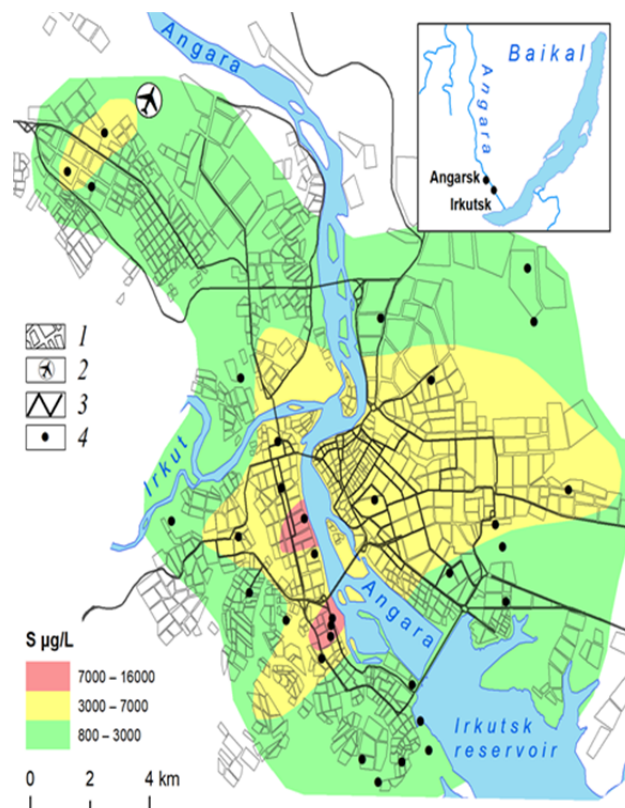


Рис. 2. Распределение концентраций серы в снеговой воде г. Иркутска и его пригорода, мкг/дм^3

Fig. 2. Distribution of sulfur concentrations in snow water of Irkutsk and its suburbs, $\mu\text{g/L}$

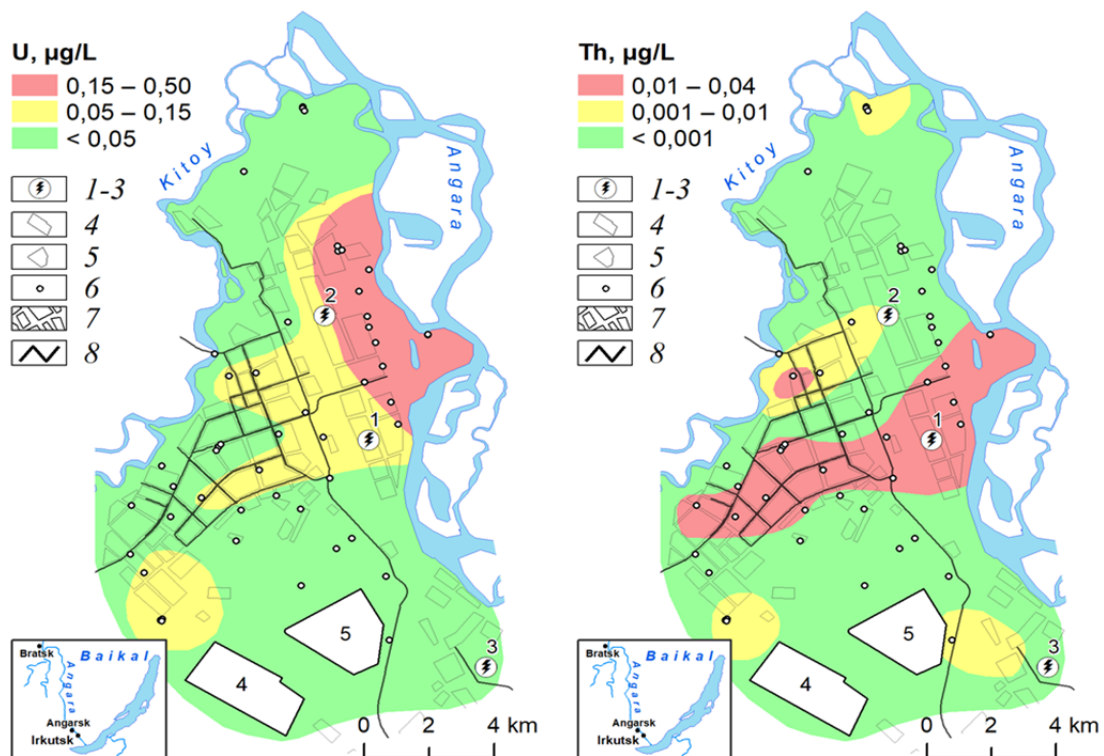


Рис. 3. Распределение концентраций урана и тория в снеговой воде г. Ангарска и его пригорода, мкг/дм^3

Здесь и на рис. 4: 1–3 – теплоэлектростанции; 4 – электролизный химический комбинат; 5 – шламоотстойник; 6 – места отбора проб снега; 7 – жилой сектор; 8 – дороги

Fig. 3. Distribution of uranium and thorium concentrations in snow water of Angarsk and its suburbs, $\mu\text{g/L}$

Here and in fig. 4: 1–3 – thermal power plants; 4 – electrolysis chemical plant; 5 – sludge collector; 6 – snow sampling sites; 7 – residential sector; 8 – roads

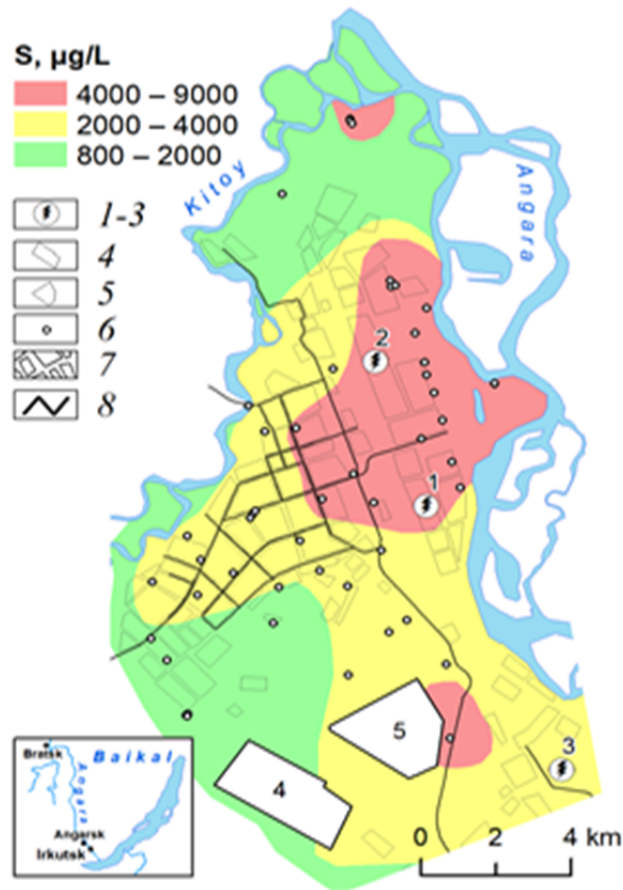


Рис. 4. Распределение концентраций серы в снеговой воде г. Ангарска и его пригорода, мкг/дм³

Fig. 4. Distribution of sulfur concentrations in snow water of Angarsk and its suburbs, µg/L

Распределение тория в снеговом покрове города фактически аналогично картине распределения урана: максимальные значения радионуклида отмечаются также вблизи НИ ТЭЦ. Одновременно повышенные содержания урана и тория отмечены в западной части Иркутска вблизи военного склада.

Содержание серы на территории расположения «КрайсНефть» максимально – 16 000 мкг/дм³ (см. рис. 2). Относительно повышенные содержания серы в снеговой воде отмечаются в густонаселенных, центральных частях города на правом и левом берегу Ангары и вблизи авиазавода из-за частых ветров со стороны Ангары.

Согласно полученным ранее данным [Королева, Холодова, 2012], рассчитанная величина запыленности снегового покрова в Ангарске меньше, чем в Иркутске. Она максимальна в восточной (промышленной) части города.

Моноэлементные карты-схемы распределения радионуклидов и серы в снеговой воде на территории г. Ангарска выявили их слабо выраженные ореолы в связи с небольшим разбросом содержаний элементов и, соответственно, слабой контрастностью (см. рис. 3, 4),

что объясняется защищенностью жилой зоны города от промышленных предприятий в восточной его части.

В снеговом покрове г. Ангарска, в его промышленной восточной зоне, содержания урана находятся в пределах 0,15–0,50 мкг/дм³, тория – 0,01–0,04 мкг/дм³. При этом максимальные содержания урана незначительно выше, чем в Иркутске, а содержания тория, наоборот, меньше.

Региональный природный фон Прибайкалья, как уже было сказано (мкг/дм³), для урана – 0,02, тория – 0,01. Превышение значений фона для радиоактивных элементов отмечается лишь в восточной промышленной зоне, расположенной вдоль левобережья Ангары. Самые высокие концентрации отмечены в окружении ТЭЦ-9.

Стоит отметить, что проведенные нами ранее исследования [Гребенщикова и др., 2017] также выявили максимальные содержания урана в почвах Ангарска в районе предприятий ТЭЦ-1, ТЭЦ-9 и за пределами города в южной части, где расположен шламоотстойник гидрозолоотвала ТЭЦ-9. Прослойки золы встречаются в профилях окружающих почв и отмечаются повышенными концентрациями урана и тория – 17 и 44 мг/кг соответственно.

В большинстве случаев в снеговой воде на территории Ангарска содержания изученных элементов низкие и находятся на уровне регионального фона или незначительно превышают его. При этом ореолы относительно повышенных концентраций урана, тория и серы отчетливо окаймляют в городе все четыре ТЭЦ и нефтехимический комбинат, протягиваясь в крест простирания городской территории с восточной стороны от р. Ангары на запад до р. Китой. Незначительное превышение U и Th проявлено в юго-западной части города в районе электролизного химического комбината.

Однако содержание серы здесь в снеговой воде находится на уровне фоновых значений. Максимум серы в Ангарске ниже в 2 раза, чем в Иркутске, и отмечен только в районе карьеров в северной части города. Ореол повышенных содержаний ($4\,000\text{--}9\,000\text{ мкг/дм}^3$) серы в виде шлейфа от ТЭЦ переходит в жилую зону города, но затем вдоль р. Китой фиксируются ее фоновые значения (см. рис. 4).

Повышенные содержания радиоактивных элементов и серы в снеговом покрове крупных промышленных городов Прибайкалья – Иркутска и Ангарска имеют различное происхождение, связанное со спецификой деятельности промышленных предприятий и градостроительными особенностями. Несмотря на локальный характер и малые площади, занимаемые рассмотренными радионуклидами и серой, в городах Прибайкалья проводится регулярный контроль радиационной обстановки.

По ранее полученным нами данным по распределению элементов-токсикантов в почвах, было отмечено, что почвенный покров Иркутска и Ангарска, несмотря на современный техногенный пресс, относится к категории «допустимого» по уровню загрязнения тяжелыми металлами, в том числе в отношении U и Th. Причины относительно благополучного состояния почв городов Прибайкалья могут быть обусловлены наличием большого количества на их территориях зеленых насаждений, широких лесозащитных полос, являющихся естественными фильтрами и имеющимся потенциалом к восстановлению природных свойств почв городов Иркутской области.

Заключение

Полученные аналитические данные по составу и геохимическим особенностям снега в рассматриваемых промышленных городах Прибайкалья позволяют сделать вывод, что накопление снеговой водой

элементов-токсикантов в городах и дальнейшее поступление их в другие компоненты окружающей среды (почва, вода, растения) обусловлены хозяйственной деятельностью человека и наличием промышленных предприятий разного профиля. Снеговая вода двух рассмотренных городов различается по макро- и микрокомпонентному составу и отражает промышленную специфику городов.

Результаты определения валовых концентраций Th, U и S в снеговом покрове территорий промышленных городов Прибайкалья – Иркутска, Ангарска и их пригородов показали вариабельность значений рассматриваемых элементов. Они могут превышать региональный и локальный (природный) фон Байкальского региона, но имеют близкие между собой средние содержания.

Влияние электролизного химического комбината по обогащению урана в г. Ангарске на содержание радионуклидов в снеговом покрове города достоверно не установлено.

Повышенные содержания тория, урана и серы фиксируются в снеговом покрове исследуемых городов небольшими локальными «пятнами» вокруг промышленных объектов или на некотором удалении от них, что свидетельствует об их аэротехногенном поступлении и обусловлено влиянием топливно-энергетических и нефтехимических предприятий.

Жилые территории рассмотренных городов испытывают слабое, но продолжительное влияние промышленных зон. Они сохраняются за счет обилия зеленых насаждений, разграничивающих жилые и промышленные участки.

За счет большой туристической нагрузки на побережье Байкала содержания урана, тория и серы в снеговой воде заметно приближаются к их значениям на городских территориях Прибайкалья. Несомненно, что этот факт требует тщательного регулирования и проверки сложившейся ситуации.

Установлено, что приоритетным источником повышенных содержаний элементов в Прибайкалье является аэротехногенное поступление их от нефтехимических предприятий, а также ТЭЦ и котельных, использующих уголь местного угольного бассейна.

Авторы благодарны сотрудникам ИГХ СО РАН, принимавшим участие в исследованиях.

Работа выполнена по проекту НИР № 0350-2019-0005 АААА-А17-117041910034-5 и поддержана РФФИофи_м (№ 17-29-05022).

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2018 году». Иркутск : Мегапринт, 2019. 307 с.

- Гребенщикова В.И.** Геохимическая специфика состава снеговой воды некоторых городов Иркутской области // Вода: химия и экология. 2013. № 2. С. 19–25.
- Гребенщикова В.И., Грицко П.П., Кузнецов П.В., Дорошков А.А.** Уран и торий в почвенном покрове Иркутско-Ангарской промышленной зоны (Прибайкалье) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328, № 7. С. 93–104.
- Гребенщикова В.И., Кузнецов П.В., Ефимова Н.В., Халбаев В.Л., Холодова М.С.** Эколого-геохимическая оценка Иркутско-Ангарской промышленной зоны // География и природные ресурсы. 2017. № 3. С. 56–66. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(56-66).
- Геохимия** окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геозоологический полигон) / В.И. Гребенщикова, Э.Е. Лустенберг, Н.А. Китаев, И.С. Ломоносов / науч. ред. М.И. Кузьмин. Новосибирск : Гео, 2008. 234 с.
- Грицко П.П., Гребенщикова В.И.** Содержание урана и тория в почвенном покрове территории г. Иркутска и его пригорода // Инженерная экология. 2014. № 1. С. 26–38.
- Гусева А.С., Устинов С.А., Петров В.А.** Распределение природных радионуклидов в почвах на территории Новой Москвы // Известия вузов. Геология и разведка. 2019. № 5. С. 88–94. DOI: 10.32454/0016-7762-2019-5-88-94
- Коваль П.В., Гребенщикова В.И., Китаев Н.А. и др.** Геохимия окружающей среды Прибайкалья // Геология и геофизика. 2000. Т. 41, № 4. С. 571–577.
- Ефимова Н.В., Мыльникова И.В., Парамонов В.В., Кузьмина М.В., Гребенщикова В.И.** Оценка химического загрязнения и риска для здоровья населения Иркутской области // География и природные ресурсы. 2016. № S6. С. 99–103. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(99-103)
- Королева Г.П., Холодова М.С.** Оценка экологического состояния городов Приангарья по атмосферным осадкам в зимний и летний периоды // Вестник ИРГТУ. 2012. № 7 (66). С. 60–66.
- Кузнецов П.В., Гребенщикова В.И., Айсуева Т.С.** Оценка содержаний урана и тория в почвах г. Черемхово (Иркутская область) и его окрестностей в связи с добычей и сжиганием каменного угля // Биосфера. 2013. Т. 5, № 2. С. 175–181.
- Майсюк Е.П.** Роль энергетики в экологическом состоянии Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. 2017. № 1. С. 100–107. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-1(100-107)
- Нецветова О.Г., Ходжер Т.В., Голобокова Л.П., Кобелева Н.А., Погодаева Т.В.** Химический состав снежного покрова в заповедниках Прибайкалья // География и природные ресурсы. 2004. № 1. С. 66–72.
- Павлова Л.М., Радомская В.И., Юсупов Д.В.** Высокотоксичные элементы в снежном покрове на территории г. Благовещенска // Геозология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2015. № 1. С. 27–35.
- Рукавишников В.С., Ефимова Н.В., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Заборцева Т.И., Гребенщикова В.И., Журба О.М., Лешенко А.Я., Донских И.В.** Оценка среды обитания и здоровья населения в зоне размещения производства алюминия в условиях Восточной Сибири (на примере г. Шелехова) // География и природные ресурсы. 2016. № 6. С. 104–107. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(104-107)
- Санеев Б.Г., Майсюк Е.П.** Оценка воздействия топливно-энергетического комплекса Иркутской области на природную среду // Известия Байкальского государственного университета. 2018. Т. 28, № 2. С. 249–256. DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(2).249–256
- Таловская А.В., Язиков Е.Г., Шахова Т.С., Филимонов Е.А.** Оценка аэротехногенного загрязнения в окрестностях угольных и нефтяных котельных по состоянию снегового покрова (на примере Томской области) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 10. С. 116–130.
- Alekseenko V., Alekseenko A.** The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. 2014. V. 147 (B). P. 245–249.
- Artamonova S.Yu.** Technogenic fallout of Uranium and Thorium in the Vicinity of Novosibirsk (Russia, West Siberia) // Physics Procedia 84. 2016. V. 84. P. 280–287.
- Batjargal T.E., Otgonjargal E., Baek K., Yang J.-S.** Assessment of metals contamination of soils of Ulaanbaatar, Mongolia // Journal of Hazardous Materials. 2010. V. 184. P. 619–621.
- Bozlaker A., Buzcu-Güven B., Fraser M.P. et al.** Insights into PM10 sources in Houston, Texas: Role of petroleum refineries in enriching lanthanoid metals during episodic emission events // Atmospheric Environment. 2013. V. 69. P. 109–117.
- Charro E., Pardo R., Pena V.** Statistical analysis of the spatial distribution of radionuclides in soils around a coal-fired power plant in Spain // Journal of Environmental Radioactivity. 2013. V. 124. P. 84–92.
- Chernyago B.P., Nepomnyashchikh A.I., Medvedev V.I.** Current radiation environment in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory // Russian Geology and Geophysics. 2012. V. 53, No 9. P. 926–935.
- Cinelli G., Tondeur F., Dehandschutter B., Bossew P., Tollefsen T., de Cort M.** Mapping uranium concentration in soil: Belgian experience towards a European map // Journal of Environmental Radioactivity. 2017. V. 166 (2). P. 220–234.
- Grebenshchikova V.I., Gritsko P.P., Kuznetsov P.V., Doroshkov A.A.** Uranium and thorium in soil cover of the Irkutsk-Angarsk industrial zone (Baikal region) // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2017. V. 328, No 7. P. 93–104.
- Voutsas D., Samara C.** Labile and bioaccessible fractions of heavy metals in the airborne particulate matter from urban and industrial areas // Atmospheric Environment. 2002. V. 36, No 22. P. 3583–3590.

Авторы:

Гребенщикова Валентина Ивановна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория геохимии окружающей среды и физико-химического моделирования, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия.

E-mail: vgreb@igc.irk.ru

Грицко Полина Павловна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий инженер, лаборатория геохимии окружающей среды и физико-химического моделирования, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия.

E-mail: rysya-87@mail.ru

V.I. Grebenshchikova, P.P. Gritsko

A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

SOURCES OF URANIUM, THORIUM AND SULFUR IN THE SNOWY WATERS OF THE IRKUTSK-ANGARSK INDUSTRIAL ZONE (BAIKAL REGION)

The results of geochemical monitoring of the distribution of radionuclides (U, Th) and S in the snow water of the Baikal region on the territories of two large industrial cities - Irkutsk, Angarsk and their environs showed that the contents of the considered elements are characterized by insignificant variability, but often exceed both the regional background of the Baikal region and the local natural background of the snow water of lake Baikal. The concentrations of elements were determined by a mass spectrometer with inductively coupled plasma ICP-MS (Finnigan MAT Element 2). The main source of the studied radionuclides and sulfur is aerotechnogenic transport due to the operation of fuel and energy enterprises in cities, furnace heating in the private residential sector and numerous vehicles. Accordingly, increased levels of U, Th and S in the snow water of Irkutsk and Angarsk were found near thermal power plants, industrial chemical enterprises, gas stations, and on the territory of the private residential sector. Previously identified local "anomalies" of increased radionuclide content in the soils of the cities of Irkutsk and Angarsk are similar to the increased concentrations of radio elements and sulfur in snow water on the territory of cities. It was found that the residential areas of the cities under consideration are less affected by industrial zones due to the abundance of green spaces in cities that distinguish residential and industrial areas, which are able to accumulate toxicants entering the air. A comparative analysis of snow water in the village closest to Irkutsk on the shore of Lake Baikal showed that there is also an increase in pollution caused by a significant and uncontrolled tourist load.

Keywords: snow water, uranium, thorium, sulfur, industrial and residential areas of cities, technogenic sources, radionuclides.

References

- Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Irkutskoy oblasti v 2018 godu» [State report "On the state and environmental protection of the Irkutsk region in 2018"]. Irkutsk: OOO "Megaprint", 2019. 307 p. In Russian
- Grebenshchikova V.I. Geochemical specificity of snow water composition in some cities of the Irkutsk regions // Water: chemistry and ecology. 2013. No 2. pp. 19–25. In Russian
- Grebenshchikova V.I., Gritsko P.P. Uranium and thorium in soil cover of the Irkutsk-Angarsk industrial zone (Baikal region) // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2017. V. 328. No 7. pp. 93–104. In Russian
- Grebenshchikova V.I., Kuznetsov P.V., Efimova N.V., Khalbaev V.L., Kholodova M.S. Ecological-geochemical assessment of the Irkutsk-Angarsk industrial zone // Geography and natural resources, 2017. No 3. pp. 56–66. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(56-66) In Russian
- Geokhimiya okruzhayushchey sredy Pribaykal'ya (Baykal'skiy geoeologicheskiiy poligon) [Geochemistry of the environment of the Baikal region (Baikal geoeological polygon)] / V.I. Grebenshchikova, E.E. Lustenberg, N.A. Kitaev, I.S. Lomonosov / scientific ed. M.I. Kuzmin, Novosibirsk: geo Academic publishing house, 2008. 234 p. In Russian
- Gritsko P. P., Grebenshchikova V. I. Content of uranium and thorium in the soil cover of the territory of Irkutsk and its suburbs // Engineering ecology, 2014. No 1. pp. 26–38. In Russian
- Guseva A.S., Ustinov S.A., Petrov V.A. Distribution of natural radionuclides in the soils on the territory of the New Moscow // University news. Geology and exploration, 2019. No 5. pp. 88–94. DOI: 10.32454/0016-7762-2019-5-88-94. In Russian
- Koval P.V., Grebenshchikova V.I., Kitaev N.A., et al. Geochemistry of the environment of the Baikal region // Russian Geology and Geophysics. 2000. V. 41. No 4. pp. 571–577. In Russian
- Efimova N.V., Mylnikova I.V., Paramonov V.V., Kuzmina M.V., Grebenshchikova V.I. Assessment of chemical pollution and public risks in the Irkutsk region // Geography and natural resources, 2016. N S6, pp. 99–103. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(99-103) In Russian
- Koroleva G. P., Kholodova M. S. Assessment of the ecological state of the cities of the Angara region by atmospheric precipitation in winter and summer periods // Vestnik Irstu, 2012. No 7 (66). pp. 60–66. In Russian
- Kuznetsov P.V., Grebenshchikova V.I., Isaeva T.S. assessment of the content of uranium and thorium in the soils of Cheremkhovo (Irkutsk region) and its environs in connection with coal mining and burning // Biosphere, 2013. V. 5. No 2. pp. 175–181. In Russian
- Maisyuk E.P. Role of the power industry in the ecological status of the Baikal natural territory // Geography and natural resources, 2017. No 1. pp. 100–107 // DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-1(100-107) In Russian
- Netsvetaeva O.G., Khodzher T.V., Golobokova L.P., Kobeleva N.A., Pogodaeva T.V. Chemical composition of snow cover in the reserves of the Baikal region // Geography and natural resources, 2004. No 1. pp. 66–72. In Russian
- Pavlova L.M., Radomskaya V.I., Yusupov D.V. Highly toxic elements in snow cover in the Blagoveshchensk territory // Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology, 2015. No 1. pp. 27–35. In Russian
- Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Gornov A.Yu., Zarodnyuk T.S., Zabortseva T.I., Grebenshchikova V.I., Zhurba O.v., Leshchenko Ya.A., Donskikh I.V. Assessment of the environment and public health condition in the area of aluminum production facilities, Eastern Siberia (by the example of Shelekhov city) // Geography and natural resources, 2016. No S6. pp. 104–107. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-6(104-107). In Russian
- Saneev B.G., Maisyuk E.P. Assessment of the Impact of Fuel and Energy Sector of the Irkutsk Region on the Environment // News of the Baikal state University, 2018. T. 28. No 2. pp. 249–256. DOI: 10.17150/2500-2759.2018.28(2).249–256 In Russian
- Talovskaya A.V., Yazikov E.G., Shakhova T.S., Filimonenko E.A. Assessment of aerotechnogenic pollution in the vicinity of coal and oil boilers on the state of snow cover (on the example of the Tomsk region) // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 2016. V. 327. No 10. pp. 116–130. In Russian
- Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration, 2014. V. 147 (B). pp. 245–249.

- Artamonova S.Yu. Technogenic fallout of Uranium and Thorium in the Vicinity of Novosibirsk (Russia, West Siberia) // *Physics Procedia* 84, 2016. V. 84. pp. 280–287.
- Batjargal T.E. Otgonjargal E., Baek K., Yang J.-S. Assessment of metals contamination of soils of Ulaanbaatar, Mongolia // *Journal of Hazardous Materials*, 2010. V. 184. pp. 619–621.
- Bozlaker A., Buzcu-Güven B., Fraser M.P. and S.Chellam. Insights into PM10 sources in Houston, Texas: Role of petroleum refineries in enriching lanthanoid metals during episodic emission events // *Atmospheric Environment*, 2013. V. 69. pp. 109–117.
- Charro E., Pardo R., Pena V. Statistical analysis of the spatial distribution of radionuclides in soils around a coal-fired power plant in Spain // *Journal of Environmental Radioactivity*, 2013. V. 124. pp. 84–92.
- Chernyago B.P., Nepomnyashchikh A.I., Medvedev V.I. Current radiation environment in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory // *Russian Geology and Geophysics*, 2012. V. 53. No 9. pp. 926–935.
- Cinelli G., Tondeur F., Dehandschutter B., Bossew P., Tollefsen T., M. de Cort. Mapping uranium concentration in soil: Belgian experience towards a European map // *Journal of Environmental Radioactivity*, 2017. V. 166–2. pp. 220–234.
- Grebenshchikova V.I., Gritsko P.P., Kuznetsov P.V., Doroshkov A.A. Uranium and thorium in soil cover of the Irkutsk-Angarsk industrial zone (Baikal region) // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2017. V. 328. No 7. pp. 93–104.
- Voutsas D., Samara C. Labile and bioaccessible fractions of heavy metals in the airborne particulate matter from urban and industrial areas // *Atmospheric Environment*, 2002. V. 36. No 22. pp. 3583–3590.

Author's:

Grebenshchikova Valentina Iv., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, Laboratory of Environmental Geochemistry and Physicochemical Modeling A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

E-mail: vgreb@igc.irk.ru

Gritsko Polina P., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Lead Engineer, Laboratory of Environmental Geochemistry and Physicochemical Modeling, A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia.

E-mail: rysya-87@mail.ru