

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ СНЕГОВОГО ПОКРОВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Е.А. Филимоненко, В.В. Литай, Т.Е. Адильбаева, Т.С. Шахова

Томский политехнический университет, Томск, Россия, yazikovEG@tpu.ru

RADIOACTIVE ELEMENTS IN SOLID AEROSOL PARTICLES DEPOSITED IN SNOW WITHIN THE URBANIZED TERRITORIES

E.G. Yazikov, A.V. Talovskaya, E.A. Filimonenko, V.V. Litay, T.E. Adil'baeva, T.S. Shahova

Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Представлены результаты изучения радиогеохимических особенностей атмосферных выпадений снегового покрова урбанизированных территорий Западной Сибири и Казахстана. Выявлены пониженные концентрации радиоактивных элементов в пробах с фоновых территорий и территории объектов нефтегазодобычи. Повышенные концентрации урана выявлены в пробах с территории с редкометалльным производством и горнодобывающего месторождения. Смешанная природа радиоактивных элементов характерна для большей части изучаемых территорий, где расположены объекты теплоэнергетики. Специфичными особенностями территорий с размещением объектов ядерно-топливного цикла характерно присутствие "горячих" частиц. Представлены результаты изучения концентрации радиоактивных элементов в пылях различных производств.

The report presents the obtained data on studying the radiogeochemical features of solid aerosol particles deposited in snow within urban areas of Western Siberia and Kazakhstan. It is noticed that the lowered values of radioactive elements are characteristic for areas background and where extract oil and gas. The raised concentration of uranium was marked in areas with rare metals manufacture and mining manufacture. For the majority of industrial regions the mixed nature of receipt of radioactive elements for the account of industrial where is power plants. Specific feature of territories with the enterprises of a nuclear-fuel cycle is presence of "hot" particles. It was studied concentration of radioactive elements in the solid particles emitted by different plants.

Городские территории наиболее подвержены воздействию предприятий со сложным специфичным производством. Размещение предприятий в бассейне реки Обь формирует особый характер атмосферных выбросов, которые улавливаются на естественном планшете, представленном снеговым покровом. Многолетние исследования в данных районах позволяют отметить особые тенденции, которые связаны преимущественно со

спецификой производства, типом промышленных пылей и их фракционным составом.

Концентрации радиоактивных элементов в твердом осадке снегового покрова изменяются от низких значений на территории нефтегазодобывающего района ($U - 0,5$ мг/кг, $Th - 4,5$ мг/кг) при повышенном торий-урановом отношении равном 9. Тогда как для урбанизированных территорий с разнопрофильным производством

Таблица 1. Содержания радиоактивных элементов в твердом осадке снега урбанизированных территорий с разнопрофильным производством

№	Районы	U, мг/кг	Th, мг/кг	Th / U
1	НГДР (Томская обл., г. Стрежевой)	37 x 0,5 / (0,1 – 1,2)	37 x 4,5 / (0,5 – 7,1)	9
2	УДР (Кемеровская обл., г.Междуреченск)	22 x 3,9 / (2,1 – 6,7)	22 x 10,4 / (5,7 – 19)	2,6
3	ГДР (Хакасия, Тейское м-ие)	5 x 4,8 / (0,8 – 10,2)	5 x 3,9 / (2,3 – 5)	0,8
4	РММО (Алтайский край, г. Рубцовск)	13 x 3,3 / (0,5 – 7)	13 x 10,1 / (3,9 – 24)	3,1
5	РРП (Томская обл., г. Томск)	69 x 2,8 / (0,3 – 7,7)	69 x 6,7 / (0,8 – 11,5)	2,4
6	РЯТЦ (Томская обл., г. Северск)	60 x 3,2 / (0,8 – 8)	60 x 11,4 / (3,2 – 22)	3,6
7	РНХП (Томская обл., Томский нефтехимический комбинат)	23 x 3,9 / (0,6 – 12,6)	23 x 14,6 / (11,2 – 25,8)	3,7
8	РРМП (Восточный Казахстан, Ульбинский комбинат)	3 x 5,6 / (5,3 – 6,8)	3 x 3,9 / (2,8 – 7,4)	0,7
9	ТЭК (Томская обл., ГРЭС-2)	5 x 3,5 / (2,8 – 4,2)	5 x 7,8 / (3,9 – 10,5)	2,2
10	НПР (Казахстан, г. Павлодар)	5 x 2,5 / (1,3 – 2,2)	5 x 9,3 / (3,8 – 5,5)	3,7
11	РРП (Омская обл., г. Омск)	169 x 3,2 / (1,8 – 5,6)	169 x 7,7 / (4,0 – 15)	2,4
12	НПР (Омская обл., г. Омск)	4 x 6,9 / (0,9 – 4,0)	4 x 8,2 / (7,2 – 8,4)	1,2
13	СХР (Томская обл., Томский район, сельские нас. пункты)	110 x 3,6 / (0,5 – 10,3)	110 x 15,4 / (1,6 – 64)	4,3
14	ТЭК (Омская обл., г. Омск, ТЭЦ-5)	12 x 3,2 / (2,8 – 4,2)	12 x 8,5 / (7,6 – 10,6)	2,6
15	ТЭК (Казахстан, г. Караганда, ТЭЦ-3)	13 x 2,1 / (1,5 – 2,9)	13 x 4,8 / (4,1 – 6,4)	2,3
16	Региональный фон [3]	0,2	2,9	14,5

Примечание: в числителе – среднее; знаменателе – разброс значений и количество проб; районы: НГДР – нефтегазодобывающий; УДР – угледобывающий; ГДР – горнодобывающий; РММО – машиностроения и металлообработки; РРП – разнопрофильное производство; РЯТЦ – с предприятиями ядерно-топливного цикла; РНХП – нефтехимическое производство; РРМП – редкометалльное производство; ТЭК – теплоэнергетический комплекс; НПР – нефтеперерабатывающее производство; СХР – сельскохозяйственный; Рфон – региональный фон.

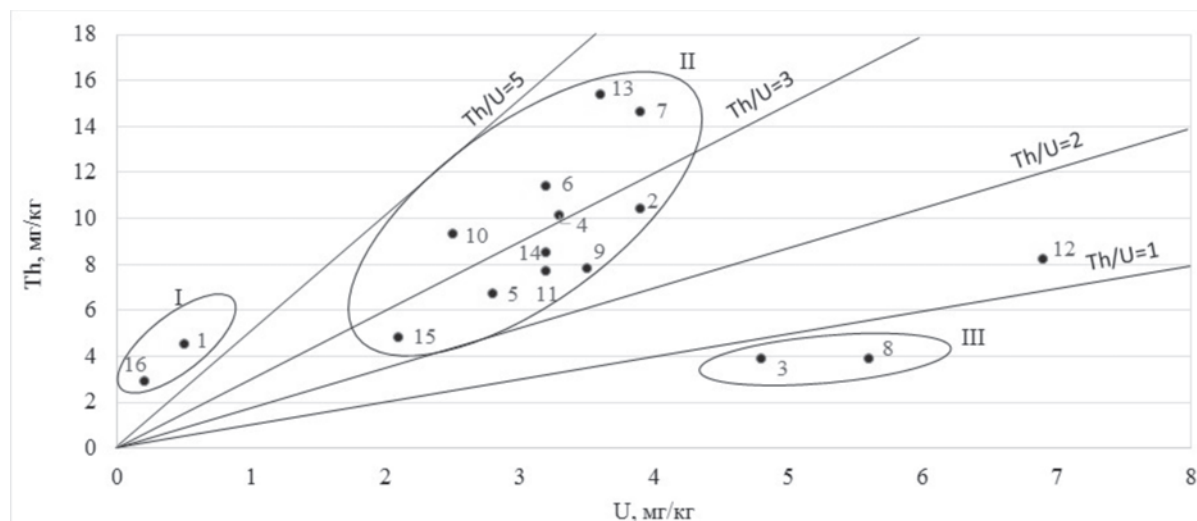


Рис. 1. Радиогеохимическая типизация пылеаerosольных выпадений в снеговом покрове урбанизированных территорий с разнопрофильным производством: 1 – нефтегазодобывающий; 2 – угледобывающий; 3 – горнодобывающий (железородный); 4 – машиностроения и металлообработки, 5 – разнопрофильное производство, г. Томск (Язиков и др., 2010), 6 – с предприятиями ядерно-топливного цикла; 7 – нефтехимическое производство, г. Томск; 8 – редкометалльного производства; 9 – теплоэнергетического комплекса, г. Томск, 10 – нефтеперерабатывающее производство, г. Павлодар; 11 – разнопрофильное производство, г. Омск; 12 – нефтеперерабатывающее производство, г. Омск, 13 – сельскохозяйственный, 14 – теплоэнергетического комплекса, г. Омск; 15 – теплоэнергетического комплекса, г. Караганда; 16 – фон [3]

Таблица 2. Содержание радиоактивных элементов (мг/кг) в промышленных пылях различных производств

Промышленная пыль	U, (мг/кг)/пробы	Th, (мг/кг)/пробы	Th/U
Цементная пыль в снеговом покрове (строительная индустрия, НПФ "Квадро", г. Томск)	5/3	9,9/3	2,0
Зола уноса в снеговом покрове (теплоэнергетика, ГРЭС-2, г. Томск)	7,5/5	13,7/5	1,8
Шлак (теплоэнергетика, ГРЭС-2, г. Томск)	6,3/1	11,5/1	1,8
Сварочная aerosоль (ремонтно-механическое производство)	3,9/1	5,8/1	1,2
Промышленная пыль (металлургическое производство)	3,5/4	6,1/4	1,7
Промышленная пыль (металлообрабатывающее производство)	3,7/10	12,2/10	3,3
Тальк (пыль стабилизирующих добавок, нефтехимическое производство)	-/1	-/1	-
Онокс-20 (пыль стабилизирующих добавок, нефтехимическое производство)	-/1	0,06/1	-
Стеарат кальция (пыль стабилизирующих добавок, нефтехимическое производство)	-/1	-/1	-
Пыль полипропилена (пыль стабилизирующих добавок, нефтехимическое производство)	-/1	-/1	-
Пыль карбамида (пыль стабилизирующих добавок, нефтехимическое производство)	-/1	2,3/1	-

Примечание: данные ИНАА; в числителе – среднее и количество проб; "–" – ниже предела обнаружения.

содержание урана изменяется от 2,5 до 3,9 мг/кг при торий-урановом отношении от 2,6 до 3,7 ед. Однако для районов с редкометалльным (U – 5,6 мг/кг, Th – 3,9 мг/кг; Ульбинский комбинат, Восточный Казахстан) и горнодобывающим (U – 4,8 мг/кг, Th – 3,9 мг/кг; Тейское железородное месторождение, п. Вершина Теи, Хакасия) производством концентрации урана – повышенные, а торий-урановое отношение – пониженное (табл. 1).

Типизация урбанизированных территорий по величине торий-уранового отношения в твердом осадке снега позволяет выделить три характерных области (рис. 1). Для первой области (I) отношение Th/U равно более 5 ед. (ториевая природа). Для этой группы характерны территории с низкими содержаниями радиоактивных элементов. Такие значения торий-уранового отношения

характеризуют фоновый район Западно-Сибирского региона и район нефтегазодобывающего комплекса. Для второй области (II) величина Th/U изменяется от 2 до 5 ед. В эту группу попадает довольно большое количество районов с разнопрофильным производством, в том числе и с теплоэнергетическим комплексом. Они характеризуются смешанной природой поступления естественных радиоактивных элементов от различных производств. Для третьей области (III) Th/U отношение близко к 1 ед. и ниже. В эту группу входят промышленные районы, в производстве которых отмечаются повышенные концентрации урана. Среди них выделяется территория с редкометалльным производством в Восточном Казахстане представленная Ульбинским комбинатом и район добычи железной руды на Тейском место-

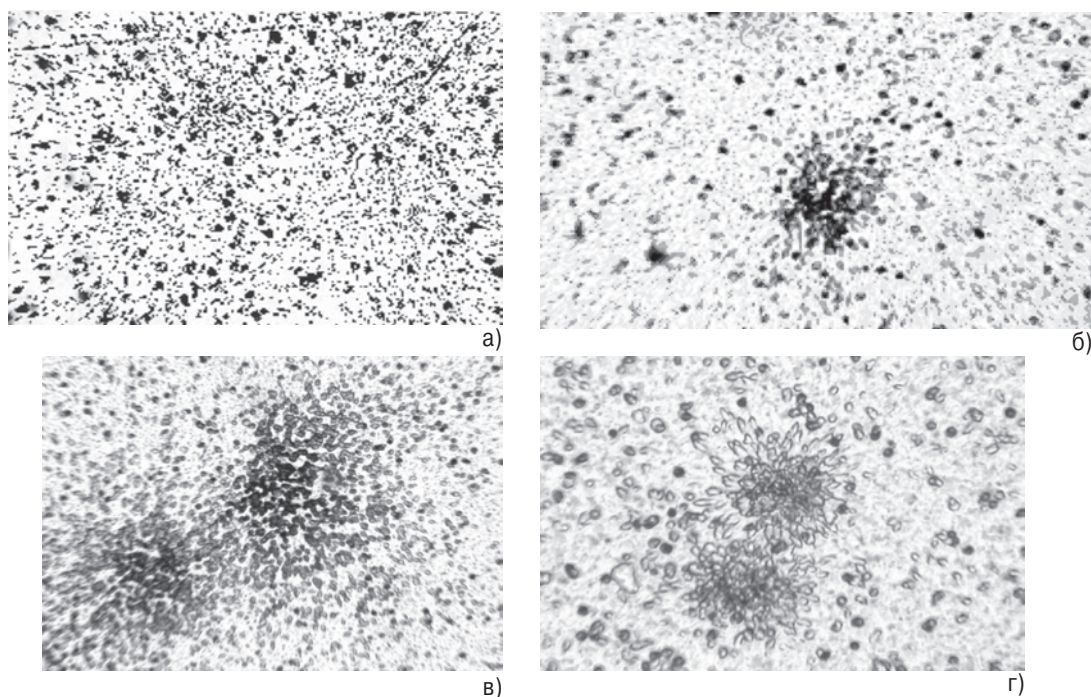


Рис. 2. Характер распределение треков от осколков деления урана-235 в твердом осадке снега. Детектор лавсан. Увел. 160–180×: а) равномерное – в нефтегазодобывающем районе; б) отдельные скопления – в угледобывающем районе; в, г) скопления и микровключения собственных минералов – в районе с предприятиями ядерно-топливного цикла

Таблица 3. Содержание радиоактивных элементов в различных фракциях твердого осадка снегового покрова урбанизированных территорий

Промышленная пыль	U, (мг/кг)/пробы	Th, (мг/кг)/пробы	Th/U
<i>Район машиностроения и металлообработки (в основном пыль металлообработки)</i>			
Валовая проба	4,6/1	10,2/1	2,2
Магнитная фракция	<1/1	<0,5/1	–
Электромагнитная фракция	4,4/1	10,6/1	2,4
Немагнитная фракция	4,5/1	9,2/1	2,0
<i>Район разнопрофильного производства (преимущественно цементная пыль)</i>			
Валовая проба	5/1	9,9/4	2,0
Магнитная фракция	<1/1	6,5/1	–
Немагнитная фракция	4,6/1	8,1/1	1,8
<i>Угледобывающий район (преимущественно угольная пыль)</i>			
Валовая проба	3,3/1	11/1	3,3
Магнитная фракция	<1/1	7/1	–
Электромагнитная фракция	1,4/1	7,8/1	5,6
Немагнитная фракция	2/1	4,7/1	2,4

Примечание: данные ИНАА; содержание/количество проб; <1 – ниже предела обнаружения.

рождение в Хакасии. Данные производства характеризуются как техногенным поступлением урана в случае работы предприятий с редкометалльной специализацией, так и природными повышенными концентрациями в твердофазных выделениях горнодобывающего предприятия. В данном случае Тейское железорудное месторождение относится к типу магнезиально-скарновых метасоматических месторождений. Изучая содержание радиоактивных элементов в промышленных пылях различных производств (строительная индустрия, тепло-

энергетика, ремонтно-механическое производство, металлообрабатывающее производство, нефтехимическое производство и др.), следует отметить, что в данном случае выделяется теплоэнергетика (табл. 2).

Магнетитовые руды связаны исключительно с магнезиальными метасоматическими породами, хотя в целом рудная залежь сопровождается достаточно мощным ореолом известковых скарнов и околосокарновых пород. Спецификой твердофазных выделений в снеговом покрове территории с предприятиями ядерно-топливно-

го цикла на юге Томской области (г. Северск) по данным f-радиографии является неравномерный характер распределения делящихся радиоактивных элементов, которые представлены как единичными треками, так и в виде многочисленных разнообразных по своему размеру звезд (рис. 2 в, г). Присутствие треков в виде звездчатых выделений характеризует как собственные минеральные образования оксида урана, установленные нами современными минералогическими методами, так и возможно присутствие “горячих” частиц [2, 4, 5]. Фиксируются повышенные концентрации урана и тория в золе уноса и шлаке, что соответствует специализации углей Кузнецкого бассейна [1, 7]. Кроме этого отмечают наиболее высокие концентрации тория в промышленной пыли металлообрабатывающего производства. Торий-урановое отношение преимущественно меньше 2,5 ед., что характеризует преимущественно урановую природу.

Детальное изучение твердого осадка снега отдельных производств некоторых специфических районов с выделением из валовых проб различных фракций, в т.ч. магнитной, электромагнитной и немагнитной, позволило получить следующие результаты [6]. На предприятии Рубцовского завода тракторных запасных частей (Алтайский край) в пыли металлообработки фиксируются повышенные концентрации радиоактивных элементов в электромагнитной и немагнитной фракциях (табл. 3).

В районе разнопрофильного производства в месте расположения бетонно-растворного узла строительной организации (НПФ “Квадро”, г. Томск) в цементной пыли уран и торий сосредоточен преимущественно в немагнитной фракции. В угледобывающем районе ощущается влияние угольной индустрии с воздействием разрезов (Ольжерасский, Томусинский, Междуреченский, Сибиргинский, Красногорский), шахт (Распадская, Томская), обогатительной фабрики (ЦОФ “Сибирь”) и многочисленных котельных, причем повышенные содержания тория фиксируются в электромагнитной фракции, а урана в немагнитной.

Особенностью техногенных потоков рассеяния является высокая неоднородность распределения в них химических элементов. С удалением от источника выбросов величина пылевой нагрузки уменьшается, что хорошо демонстрируется на примере различных территорий (рис. 3). Фоновые районы характеризуются низкой пылевой нагрузкой (7 кг/км²-сут), тогда как на территориях сельских населенных пунктов она возрастает до 39

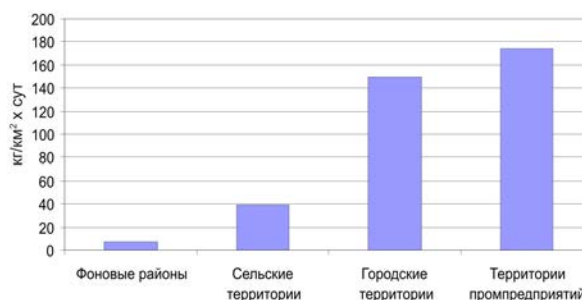


Рис. 3. Среднесуточная величина пылевой нагрузки на территориях с различной степенью урбанизации Западной Сибири

кг/км²-сут, а на городских территориях в среднем равна 150 кг/км²-сут и в зоне влияния промышленных предприятий фиксируется на уровне 174 кг/км²-сут. Анализ имеющейся радиогеохимической информации показывает, что в Западно-Сибирском регионе на территориях с различной степенью урбанизации уровни накопления радиоактивных элементов в пылеаэрозольных выпадениях по сравнению с фоновыми районами многократно превышают их (табл. 4). Так, например, для городских территорий и промпредприятий по урану значения превышают соответственно в 14,5 и 20,5 раз, тогда как для тория в 3,1 и 4,1 раз. При этом торий-урановое отношение соответствует смешанной природе.

Таким образом, по данным изучения радиогеохимических особенностей твердофазных выделений снегового покрова урбанизированных территорий разнопрофильных промышленных районов отмечается, что пониженные значения радиоактивных элементов характерны для фоновых районов и нефтегазодобычи. Повышенные концентрации урана отмечаются в районах с редкометалльным производством и горнодобывающего производства. Для большинства промышленных районов характерна смешанная природа поступления радиоактивных элементов за счет производственной и строительной пыли, а также влияния теплоэнергетического комплекса. Специфической особенностью территорий с предприятиями ядерно-топливного цикла является присутствие в твердофазных выделениях “горячих” частиц. Городские территории в зоне воздействия промышленных предприятий испытывают существенные техногенные нагрузки, которые в значительной степени

Таблица 4. Средняя величина элементов (X) и коэффициенты концентраций (КК) в твердом осадке снега на территориях с различной степенью урбанизации Западной Сибири

Элемент	Фон		Сельские территории		Городские территории		Территории промышленных предприятий	
	X±δ	КК	X±δ	КК	X±δ	КК	X±δ	КК
U, мг/кг	0,2±0,15	18	3,6±0,2	18	2,9±0,17	14,4	4,1±0,2	20,7
Th, мг/кг	2,9±0,6	5,3	15,4±0,8	5,3	9,1±0,33	3,1	12,1±2,9	4,2
Th/U	14,5	–	4,3	–	3,1	–	3,0	–
Кол-во проб	по данным [3]	–	110	–	147	–	47	–

Примечание: X±δ – среднее и стандартная ошибка; Zc – суммарный показатель загрязнения.

определяют экологическое состояние территорий и влияют на здоровье населения.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержки гранта РФФИ (№ 16-45-700184 р_а) и гранта компании ВР (2016 г.).

Литература

1. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И. Арбузов, В.В. Ершов и др. – Кемерово : Изд-во КПК, 2000. – 246 с.
2. “Горячие частицы” – как радиационно-опасный фактор в зоне действия предприятий ядерного топливного цикла / Л.П. Рихванов, Ю.Г. Зубков и др. // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : матер. межд. конф. – Томск : Изд-во ТПУ, 1996. – С. 188–190.
3. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории Обского бассейна : автореф. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, ТПУ, 2001. – 23 с.
4. Язиков Е.Г. Радиоактивные элементы в природных средах урбанизированных территорий со сложной техногенной нагрузкой юга Западной Сибири // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : матер. III Межд. конф., г. Томск, 23–27 июня 2009 г. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2009. – С. 695–701.
5. Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография. – Томск : Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
6. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Особенности накопления микроэлементов в магнитных фракциях природных сред некоторых урбанизированных территорий Западной Сибири // Экологическая геофизика и геохимия: матер. межд. конф., г. Дубна, 5–9 октября 1998 г. – М., 1998. – С. 92–93.
7. Arbuzov S.I., Volostnov A.V., Rikhvanov L.P. et al. Geochemistry of radioactive elements (U, Th) in coal and peat of northern Asia (Siberia, Russian Far East, Kazakhstan, and Mongolia) // International Journal of Coal Geology. – 2011. – Vol. 86 (4).

НЕРАВНОВЕСНЫЙ УРАН В ТВЕРДЫХ ФАЗАХ В КИМБЕРЛИТАХ И ВМЕЩАЮЩИХ ИХ ПОРОДАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Е.Ю. Яковлев, Г.П. Киселев, С.В. Дружинин

ФИЦКИА РАН, Архангельск, Россия, e-mail: yakov24lev99@mail.ru

NONEQUILIBRIUM URANIUM IN KIMBERLITES AND ENCLOSING ROCKS ARKHANGELSK DIAMONDIFEROUS PROVINCE

E.U. Yakovlev, G.P. Kiselev, S.V. Druzhinin

Federal Research Centre for Integrated Study of the Arctic of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia, e-mail: yakov24lev99@mail.ru

На примере кимберлитовых трубок Зимнебережного района Архангельской алмазоносной провинции выполнены исследования изотопного состава урана в кимберлитах и вмещающих породах. Установлено, что околотрубное пространство кимберлитовых тел сопровождается резким нарушением изотопного равновесия урана в сторону увеличения дочернего изотопа ^{234}U . Избытки изотопа урана-234 могут рассматриваться в качестве локального поискового признака кимберлитовых трубок.

On example kimberlite pipes of Zimnerezhny district of the Arkhangelsk diamond province were made studies of the isotopic composition of uranium in the surrounding rocks and kimberlites. It was established that near-contact zone kimberlite bodies is accompanied by a sharp violation of isotopic equilibrium in the direction of increasing the daughter isotope ^{234}U . Excesses of the uranium-234 isotope can be considered as a local search feature kimberlite pipes.

Существующие в настоящее время проблемы в применении традиционных методов прогноза и поисков месторождений алмазов на территории Архангельской области, заставляют искать другие подходы решения данных проблем [2]. Одним из таких направлений, активно развиваемых в последние годы, выступает выявление в кернах поисковых скважин признаков окolorудных изменений вмещающих отложений, связанных с воздействием на них кимберлитовых тел, тектонических деформаций в горных породах, приконтактовые изменения, увеличение концентраций радиационных дефектов в кварцах вмещающих и перекрывающих отложений [1]. В связи с этим, целью работы являлось изучение

степени фракционирования изотопов урана во вмещающих породах и кимберлитовых трубках Зимнебережного района Архангельской алмазоносной провинции.

В качестве объектов исследования были выбраны кимберлитовые трубки Архангельская и Пионерская Золотоцкого поля. Исследуемые трубки входят в состав месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова. Вмещающая кимберлиты песчано-глинистая формация мощностью около 920 м отнесена к верхнему отделу вендской системы и представлена отложениями трех свит: усть-пинешской, мезенской и падунской. Комплекс перекрывающих пород представлен отложениями среднекаменноугольного возраста, общая мощность которых