

УДК 541.15

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ДОБЫЧЕ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ РУД

© 2012 Н.А. Мельник, П.В. Икконен

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Поступила в редакцию 09.10.2012

Выполнены радиоэкологические исследования в районе добычи редкометалльной руды с повышенным содержанием природных радионуклидов. Установлены основные источники внутреннего и внешнего облучения работников предприятия. Установлено, что гамма-фон на руднике находится на уровне 0,1-1,5 мкЗв/ч и не превышает нормативного значения в условиях подземной разработки; суммарные значения удельной альфа- и бета-активности подземных вод в отдельных контрольных точках рудника превышали нормативные требования к питьевой воде в 7 раз и 2,1 раз соответственно. Радиоактивность подземной воды обусловлена содержанием в горных породах урана-238 (радия-226), тория-232 и продуктов их распада. Концентрация радона в подземных источниках населённого пункта превышала уровень вмешательства для него в 1,3 раза. Использование подземной воды в качестве питьевой может привести к дополнительному облучению населения.

Ключевые слова: *радиационная оценка, природные радионуклиды, подземные воды, редкометалльное сырье, внутреннее и внешнее облучение, горные породы*

Редкометалльное сырье Ловозерского массива (Кольский полуостров) характеризуется высокой степенью радиоактивности, связанной с повышенным содержанием природных радио-нуклидов рядов урана-238 и тория-232, которые являются источником радиоактивного газа радона и дочерних продуктов его распада, излучающих альфа-частицы, которые относятся к плотно ионизирующей радиации с высоким коэффициентом радиационного риска и представляют особую опасность как источник внутреннего облучения [1, 2]. Природные радионуклиды выщелачиваются из горных пород и переходят в воду, горные работы ускоряют этот процесс т.к. нарушают водный режим недр, поэтому при добыче и переработке руды с высоким содержанием природных радионуклидов работники горнорудных предприятий и население могут подвергаться радиационному воздействию.

Цель исследования: радиационная оценка всех источников ионизирующего излучения (минералы, горные породы, подземные воды, воздух рабочих помещений и др.), находящихся в районе добычи руды с повышенным содержанием природных радионуклидов.

Радиоэкологические исследования проводились на руднике, на котором добывается подземным способом лопаритовая руда, и в посёлке, находящемся в непосредственной близости от него. В населённом пункте и руднике был осуществлён отбор проб подземной воды и горных пород с целью определения возможности дополнительной дозой нагрузки на население этого района.

Исследования выполнялись в аккредитованной Региональной лаборатории радиационного контроля ИХТРЭМС КНЦ РАН на сертифицированной поверенной аппаратуре радиометрическими и спектрометрическими методами. Значения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения, измеренные на всех точках отбора проб, находились в пределах 0,1-1,5 мкЗв/ч и не превышали нормативного значения в условиях подземной разработки (НРБ-99/2009 [3] – 2,5 мкЗв/ч); гамма-фон на территории рудника – 0,2 мкЗв/ч, МЭД нейтронного излучения на всех участках не превышала 0,5 мкЗв/ч. На поверхности выхода рудного тела значения МЭД достигали 2,3 мкЗв/ч, что близко к пределу дозы в производственных условиях [4], так же возможно увеличение дозы при изменении экспозиции во время отбоя руды.

В стационарных условиях на радиологическом комплексе «Прогресс-АБРГ» были исследованы радиационно-гигиенические характеристики проб, отобранных на разных участках рудника – малиньит, фойяит и уртит. Во всех пробах были обнаружены значительные количества Ra-226(U-238) и Th-232. В табл. 1 представлены радиационно-гигиенические характеристики горных пород Ловозерского месторождения лопаритовых руд: в верхней строке – минимальные и максимальные значения, в нижней – средние значения удельной активности радионуклидов в горных породах, в которых пройдены выработки. Как видно из табл. 1, в пробах малиньита содержатся максимальные количества Ra-226(U-238 – 0,008 мас.%) и Th-232 (0,13-0,17 мас.%).

Эффективная удельная активность всех исследуемых образцов с учетом неопределенности измерений превышает 740 Бк/кг, породы относятся к радиоактивному сырью [3, 4]. Основной вклад в

Мельник Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент, руководитель региональной лаборатории радиационного контроля. E-mail: melnik@chemy.kolasc.net.ru
Икконен Петр Владимирович, аспирант

эффективную удельную активность исследуемых пород вносит Th-232: до 90% в малините, 75% в уртите и 50% в фойяите, все они относятся к торийсодержащему сырью. На рис. 1 представлена диаграмма сравнения горных пород рудника по

$A_{эфф}$, которая отражает степень их радиационной опасности. Обнаруженные радиотоксичные природные радионуклиды, особенно химически подвижные уран и радий, в условиях добычи руды могут переходить в подземные воды.

Таблица 1. Радиационно-гигиенические характеристики горных пород Ловозерского месторождения

Горные породы	Th-232, мас. %	U-238, мас. %	Удельная радиоактивность, Бк/кг			$A_{эфф}$, Бк/кг
			Ra-226	Th-232	K-40	
малинит	0,170	0,008	<u>615-960</u> 800	<u>3690-6900</u> 5360	<u>210-970</u> 605	<u>5530-9950</u> 7800
уртит	0,010	0,001	<u>90-126</u> 108	<u>370-475</u> 425	<u>600-920</u> 760	<u>600-840</u> 730
фойяит	0,006	0,002	<u>150-225</u> 200	<u>200-300</u> 250	<u>1050-1600</u> 1320	<u>540-740</u> 645

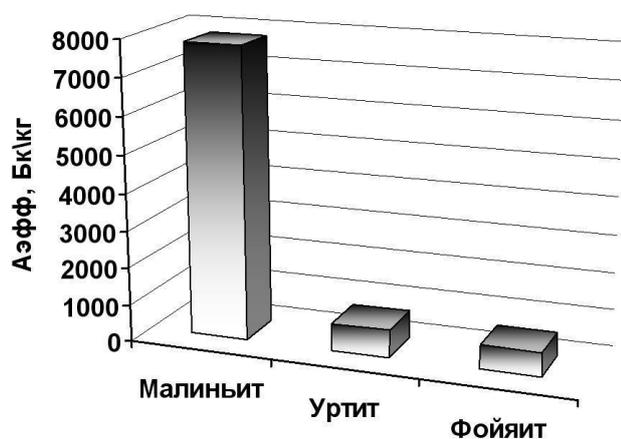


Рис. 1. Сравнительная радиационная оценка горных пород рудника

Пробы подземных вод анализировали в стационарных условиях на радиологическом комплексе «Прогресс-АБРГ» и альфа-бета-радиометре УМФ-1500Д. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с аттестованными методиками лаборатории. Минерализация подземных вод находилась в пределах 0,1-4,6 г/л, максимальная минерализация воды характерна для проб, отобранных на руднике. В соответствии с действующими нормативными документами оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности определялась на основании результатов радиационного контроля суммарной удельной альфа- (A_{α}) и бета-активности (A_{β}) сухих остатков исследуемых проб, взятых в объеме по 1 л. При значениях A_{α} и A_{β} ниже 0,2 и/или 1,0 Бк/кг, соответственно вода может быть использована для питьевых целей, дальнейшие исследования воды не являются обязательными. В случае превышения указанных уровней проводился анализ содержания радионуклидов в воде [3]. В табл. 2 представлены результаты исследования счетных образцов исследуемых проб воды (шифр проб, здесь и далее: 1, 2 – подземные источники посёлка, 3-6 – вода из выработок рудника). Исследования показали, что суммарные значения удельной альфа- и бета-активности подземных вод в отдельных контрольных точках рудника превышают нормативные требования к питьевой воде по альфа-активности в

7 раз и бета-активности – 2,1 раз (НРБ-09/2009, п. 5.3.5).

Таблица 2. Суммарная удельная альфа- и бета-активность воды из подземных источников посёлка и выработок рудника

Шифр пробы	A_{α} , Бк/л	A_{β} , Бк/л
1	<0,04	0,18±0,03
2	0,04±0,01	0,16±0,03
3	<0,05	0,03±0,01
4	0,8±0,5	2,10±0,22
5	1,4±0,6	2,10±0,50
6	<0,05	0,16±0,03

В связи с превышением нормативных значений по суммарной альфа-бета-активности пробы воды дополнительно анализировали гамма-спектрометрическим методом. Для определения радионуклидного состава аликвоту пробы воды (1 л) помещали в сосуд Маринелли, герметизировали, затем на радиологическом комплексе «Прогресс-АБРГ» определяли в счетных образцах содержание радона и других природных и техногенных радионуклидов в течение 4 суток с интервалом 1 раз в сутки. Техногенные радионуклиды в пробах воды отсутствовали, содержание природных радионуклидов приведены в табл. 3.

Во всех пробах воды были обнаружены радий-226 и радон (рис. 2). В подземных источниках населенного пункта концентрация радона составляла 80 Бк/л и в 1,3 раза превышала уровень вмешательства для Rn-222 ($УВ_{вода} = 60$ Бк/л). Удельная радиоактивность Ra-226 и Th-232 в подземных источниках также превышает нормативные значения (НРБ-09/2009, приложение 2а, $УВ_{вода}$, Бк/л: Ra-226 – 0,49, Th-232 – 0,6). Следовательно, воду из исследуемых подземных источников населенного пункта нельзя использовать в качестве питьевой.

Активность Rn-222 в воде рудника не превышала радиационно-гигиенического норматива, но она не может использоваться как питьевая т.к. по сумме отношений активностей содержащихся радионуклидов к уровням вмешательства она превышает допустимое значение для питьевой воды в 90 раз [3].

Таблица 3. Удельная активность радионуклидов в воде подземных источников посёлка (1, 2) и выработок рудника (3-6), Бк/л

Шифр пробы	Rn-222	Pb-212	Pb-214	Ra-226	Th-232
1	64,7±7,7	<2,2	3,5±2,9	24,6±5,1	3,0±1,4
2	74,1±8,7	8,3±2,7	40,4±7,9	42±16	0,8±0,7
3	23,3±3,4	<1,9	5,8±3,2	11,3±2,0	4,0±1,4
4	5,3±1,7	3,8±2,3	3,0±2,7	2,8±1,1	1,1±0,4
5	11,0±2,1	<1,8	7,3±2,9	1,9±0,9	2,2±1,0
6	11,9±2,4	<1,9	7,2±3,9	15,5±2,3	1,7±0,9

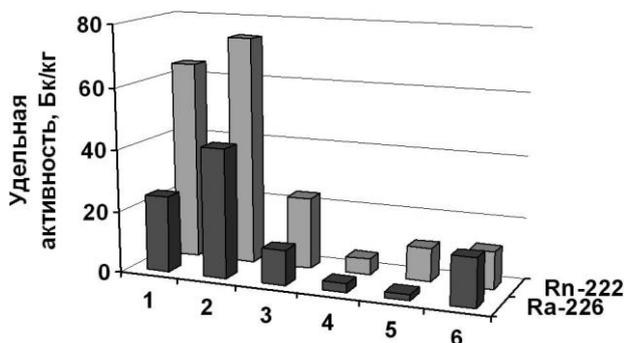


Рис. 2. Концентрации Ra-226 и Rn-222 в подземных источниках: 1, 2 – питьевые источники населенного пункта; 3-6 – подземные воды рудника

Выводы: установлено: что основным фактором радиационной опасности является ингаляционное поступление радионуклидов в организм работников. Внешнее облучение находится на уровне нормативных значений для производственных условий, однако в 3,4 раза превышает дозу для населения и возможно увеличение дозы при изменении экспозиции во время отбоя руды. Внутреннее облучение рабочих может быть повышено за счет использования воды рудника в качестве питьевой. Радиационная обстановка на руднике стабильна, полученные данные можно использовать при расчете дозы облучения работника в зависимости от стажа работы, использовать

для определения зависимости дозы облучения при внешнем воздействии от продолжительности работы. Результаты исследований использованы для оценки влияния многофакторных радиационных показателей на психофизиологическое состояние работников [5].

Работа поддержана грантом РФФИ и Администрацией Мурманской области, проект № 10-04-98809-р_север_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мельник, Н.А. Радиогеоэкологические проблемы эксплуатации редкометалльных месторождений // Инновационный потенциал Кольской науки – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 229-233.
2. Мельник, Н.А. Влияние радиоактивности на содержание газовых компонентов в щелочных изверженных породах / Н.А. Мельник, В.А. Нивин // Геохимия. 1990. № 1. С. 106-109.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.2523-09. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): СП 2.6.1.2612-10. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 83 с.
5. Мартынова, А.А. Психофизиологическое состояние организма работников горнорудного производства в высоких широтах / А.А. Мартынова, С.В. Пряничников, Д.А. Петрашова и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т.13, № 1(7). С. 1783-1786.

STUDYING OF THE MAIN SOURCES OF RADIATION AT THE ENTERPRISE FOR PRODUCTION THE RARE METALS ORES

© 2012 N.A. Melnik, P.V. Ikkonen

Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials named after I.V. Tananayev of Kola Scientific Center RAS, Apatity

Radio-ecological researches in region of rare metal ore production with high content of natural radionuclides are executed. The main sources of internal and external radiation of employees at the enterprise are established. It is established that the gamma-phone on mine is at level 0,1-1,5 $\mu\text{Sv/h}$ and doesn't exceed normative value in the conditions of underground mining; integral values of specific alpha and beta activity of underground waters in separate reference points of mine exceeded normative requirements to potable water in 7 times and 2,1 times respectively. Radioactivity of underground water is caused by the content in rocks of uranium-238 (radium-226), thorium-232 and products of their disintegration. Concentration of radon in underground waters the settlement exceeded intervention level for it in 1,3 times. Use of underground water as the drinking can lead to padding radiation of the population.

Key words: radiating assessment, natural radionuclides, underground waters, rare metals raw materials, internal and external radiation, rocks

Nataliya Melnik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Chief of the Regional Laboratory of Radiation. E-mail: melnik@chemy.kolasc.net.ru; Petr Ikkonen, Post-graduate Student