

УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОИЗОТОПОВ ПОРОД И РУД ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛБЫН (ПРИАМУРЬЕ)

Н.В. Моисеенко, канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр.

Н.И. Синякова, мл. науч. сотр.

Н.М. Сафина, инженер

ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН

(Россия, г. Благовещенск)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-12-3-69-74

Аннотация. Впервые получены данные по активности бета-излучающих изотопов ^{40}K , ^{137}Cs и гамма-излучающих изотопов ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th в сланцах и рудах месторождения Албын Амурской области. Показано, что средние показатели удельной активности бета- и гамма-излучающих легких изотопов ^{40}K и ^{137}Cs во вмещающих сланцах выше, чем в рудах. В свою очередь, удельные активности тяжелых изотопов ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th выше в рудных метасоматитах. Не установлена положительная корреляция между золотом и активностью изотопов радиоактивных элементов в рудных метасоматитах.

Ключевые слова: золото, метасоматиты, углеродистые сланцы, уран, торий, радиоактивные элементы, удельная активность изотопов.

Албынское месторождение входит в состав Харгинского рудного узла Верхне-Селемджинской золоторудной минерагенической зоны и принадлежит Эльгаканской купольной структуре [1]. Структура купола – брахиформная горст-антиклиналь разбита системой субмеридиональных и субширотных разломов на тектонические блоки. Основные фации сформированы метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами условно нижне-позднепалеозойского возраста и верхне-карбонными телами метагабброидов и гранитоидов. Месторождение локализовано в пределах афанасьевской и златоустовской свит, состоящих из слюдисто-кварц-полевошпатовых, слюдисто-полевошпат-кварцевых и хлорит-эпидот-полевошпат-кварцевых сланцев. Наиболее древние магматические породы представлены комплексом позднекаменноугольных габбро-плагиогранитов. Породы комплекса вместе с терригенно-осадочными отложениями изменены в зеленосланцевой фации метаморфизма [1]. Руды прожилково-вкрапленные и являются гидротермально-метасоматическими, малосульфидными и золотокварцевыми. По данным минералогического анализа минеральный состав руд (в %): кварц – 70-85, глинисто-

слюдистые минералы – 4-6, карбонаты – 5-18, полевые шпаты (альбит) – 1-2. Сульфиды представлены арсенопиритом, пиритом, пирротинном, сфалеритом количество их в рудах 2-5%. Золото находится в сульфидно-кварцевых прожилках, в которых в переменном количестве часто присутствуют железистые карбонаты.

Для исследований были отобраны пробы руд и вмещающих углеродистых сланцев из двух рудных зон золоторудного месторождения Албын. В результате пробоподготовки породы были издроблены и разделены на фракции (+2), (-2+1), (-1+0,5) и (-0,5). С помощью минералогического анализа были определены количественные значения рудных, аксессуарных и породообразующих минералов. Содержание петрогенных элементов были установлены с помощью рентгено-флуоресцентного метода. Для редких элементов был применен метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Для установления содержания золота и серебра была использована атомная абсорбция. Для проб и образцов пород и руд были проведены замеры удельной активности бета-излучающих изотопов ^{40}K , ^{137}Cs и гамма-излучающих изотопов ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th на

сцинтилляционном спектрометре «Прогресс». Фиксация результатов измерения проводилась при помощи программного обеспечения «ПРОГРЕСС-5». Содержание золота во всех пробах было определено методом атомно-абсорбционного анализа (АЦ МГИ ИГиП ДВО РАН). Значения линейных коэффициентов Пирсона для парных корреляций рассчитаны при помощи

программного обеспечения STATISTICA 10.

В результате исследования были получены данные об удельной активности радиоизотопов во всех типах пород. В таб. 1 показаны усредненные значения радиоактивности для каждого изотопа, в нижней части таблицы также приведены средние содержания золота для углеродистых сланцев и метасоматитов.

Таблица 1. Средняя удельная активность (в Бк/кг) радиоизотопов в породах и рудных метасоматитах золоторудного месторождения Албын

	Радиоизотопы	Метасоматиты	Углеродистые сланцы
бе-га	^{40}K	439.47±115.79	743.64±99.35
	^{137}Cs	1449.08±277.56	1920.21±138.56
гамма	^{40}K	404.69±104.70	566.07±69.12
	^{222}Rn	75.54±9.88	65.10±17.79
	^{224}Ra	25.42±7.01	7.70±3.67
	^{226}Ra	32.04±6.80	26.80±11.93
	^{228}Ra	39.44±6.77	22.50±7.72
	^{232}Th	43.97±4.08	27.04±8.85
	^{228}Th	47.18±7.43 27.04±7.43	27.04±10.28
Медианное содержание Au (г/т)		1.71	0.29

По представленным результатам (табл. 1) видно, что вмещающие углеродистые сланцы показывают большую радиоактивность для легких бета-излучающих изотопов ^{40}K и ^{137}Cs и гамма-излучающих

изотопов ^{40}K (рис. 1). Противоположную картину можно наблюдать для тяжелых изотопов уран-ториевых семейств ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th (рис. 2).

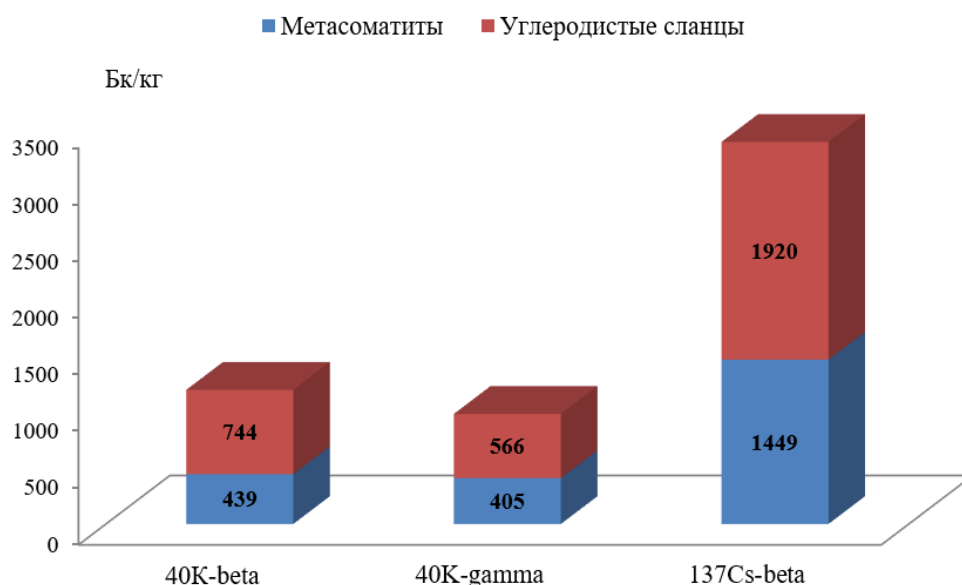


Рис. 1. Гистограмма удельной активности (Бк/кг) легких изотопов ^{40}K и ^{137}Cs углеродистых сланцев и рудных метасоматитов Албынского месторождения

Активность изотопа ^{40}K в определенном смысле зависит от содержания К, который

входит в состав полевых шпатов и слюд. Полевые шпаты в рудах представлены в

основном альбитом, а калий содержащие слюды (мусковит) преобладают во вмещающих породах (углеродистых сланцах). По результатам РФА (рис. 3) содержание K_2O в углеродистых сланцах составляет в

среднем 2.4%. В рудах концентрация K_2O - 1.8%. Радиоактивные элементы торий и уран влияют на активность тяжелых радиоизотопов уран-ториевых семейств.

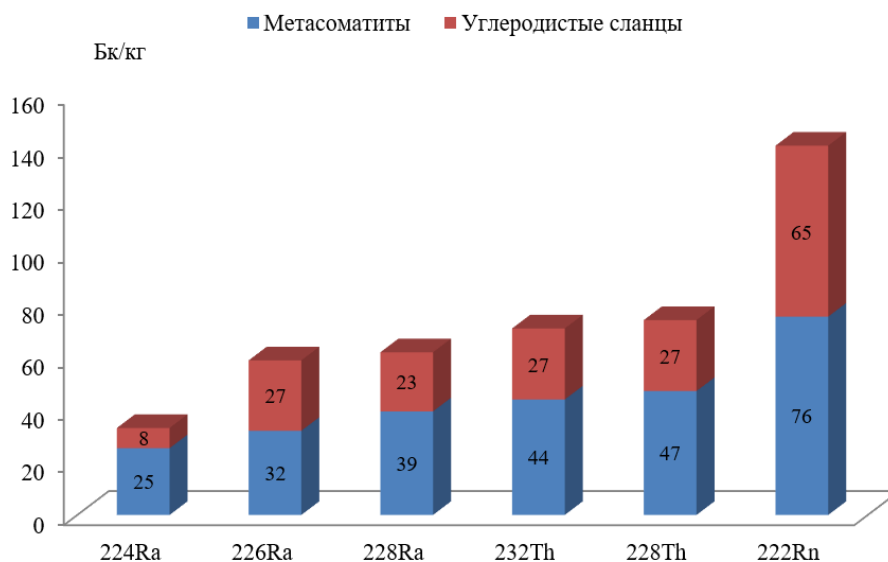


Рис. 2. Гистограмма удельной активности (Бк/кг) группы изотопов уран-ториевых семейств углеродистых сланцев и рудных метасоматитов Албынского месторождения

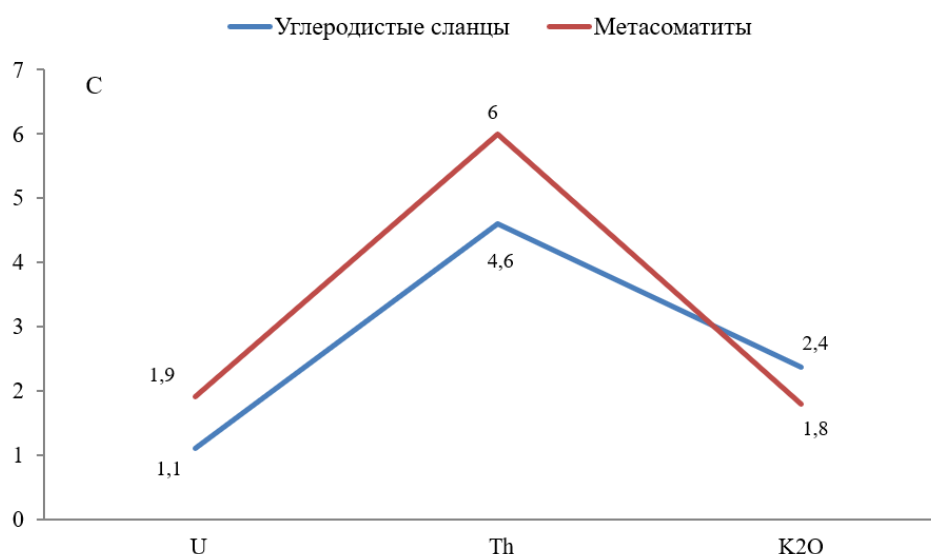


Рис. 3. Диаграмма средних содержаний (С) радиоактивных элементов (г/т) и K_2O (%) в породах и рудных метасоматитах золоторудного месторождения Албын

По результатам минералогического анализа в рудах Албынского месторождения кроме цирконов присутствуют апатит, монацит и минералы тантала и ниобия. Торий встречается в монацитах, а уран в минералах группы тантало-ниобатов. Концентрации радиоактивных элементов (уран, торий) по результатам масс-спектрометрии (ICP-MS) наиболее высо-

кие в рудах (рис. 3), чем во вмещающих породах (углеродистых сланцах). Удельная активность радиоизотопа ^{40}K связана с концентрацией K в породах, а активность ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th с ураном и торием.

Дополнительно была рассмотрена радиоактивная способность метасоматитов с разных рудных зон месторождения. Были

отобраны пробы рудных метасоматитов с Северной и Восточной зон месторождения Албын. На рис. 4 и рис.5 отображены сравнительные данные по удельной активности всех исследуемых изотопов. Со-

гласно полученным данным, тяжелые радиоизотопы уран-ториевых рядов (^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th) ведут себя иначе, чем легкие ядра ^{40}K и ^{137}Cs .

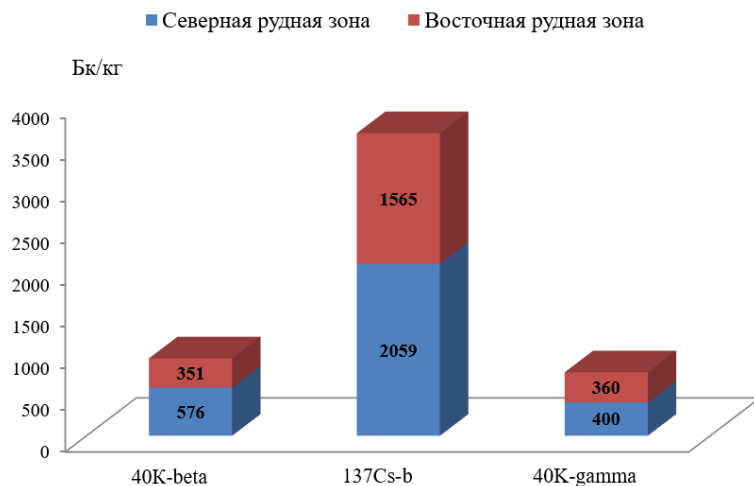


Рис. 4. Гистограмма удельной активности (Бк/кг) легких изотопов ^{40}K и ^{137}Cs рудных метасоматитов Северной и Восточной рудных зон Албынского месторождения

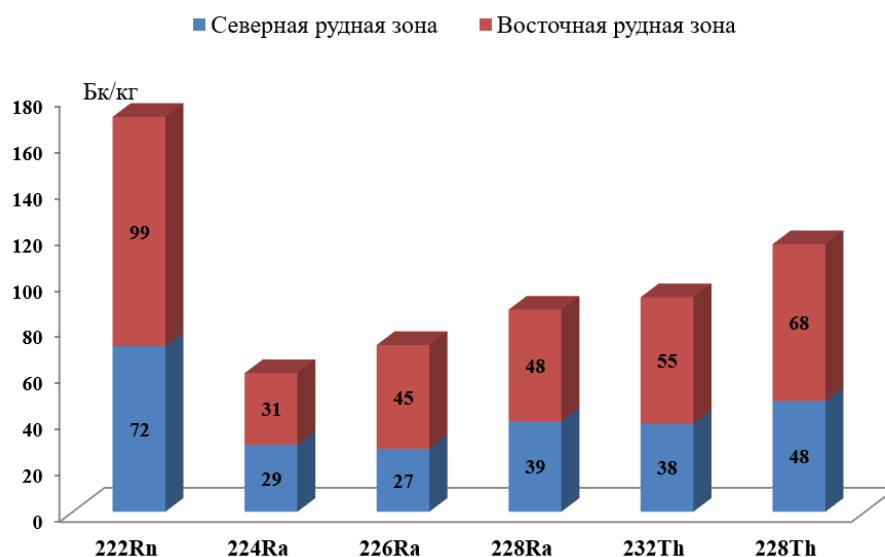


Рис. 5. Гистограмма удельной активности (Бк/кг) группы изотопов уран-ториевых семейств углеродистых сланцев и рудных метасоматитов Албынского месторождения

В пробах метасоматитов зоны Северной тяжелые ядра проявляют меньшую активность, чем в зоне Восточной (рис. 5), а легкие наоборот – большую (рис. 4). Такая закономерность по легким изотопам связана с более высокими значениями K_2O для рудных метасоматитов зоны Северной ($\text{K}_2\text{O} - 2,3\%$) по сравнению с рудами зоны Восточной ($\text{K}_2\text{O} - 1,3\%$). В свою очередь в Восточной зоне концентрации радиоактивных элементов Th и U в рудах выше.

Одной из задач исследований было установление корреляционных связей между радиоактивностью пород и содержанием в них золота. Для вмещающих пород и руд месторождения были просчитаны линейные коэффициенты корреляции Пирсона (R) между удельными активностями изотопов, полученных на сцинтиляционном спектрометре «Прогресс» и содержаниями Au в пробах и образцах. Результаты представлены в виде гистограмм

на рисунке 6. Гистограммы построены в единой системе координат, что дает возможность сравнить распределение коэф-

фициентов корреляции для вмещающих пород и руд.

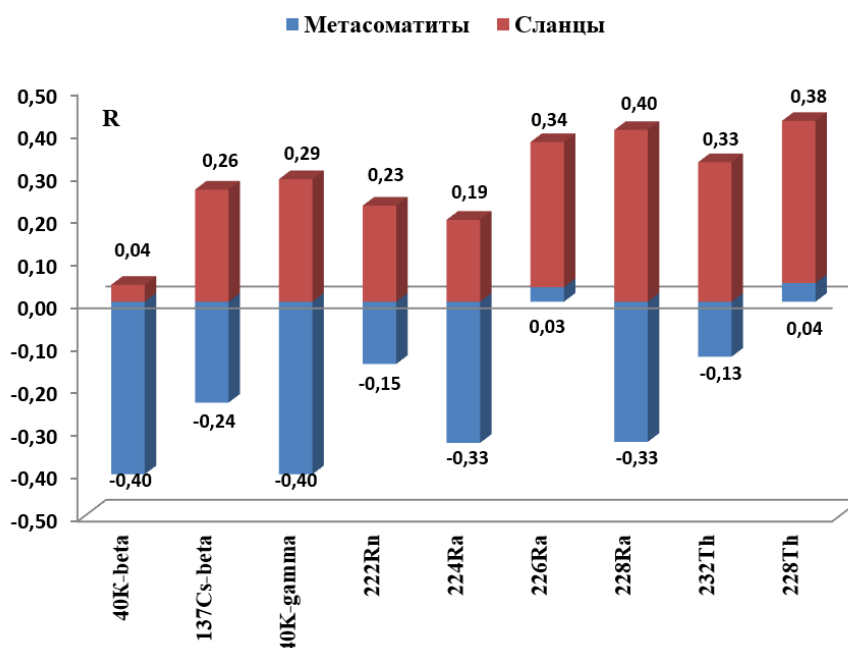


Рис. 6. Коэффициенты корреляции (R) активности радиоизотопов с содержанием золота. Показаны значения коэффициентов корреляций, значимых на уровне $p < .05000$

Нельзя сказать, что концентрация золота в породах может напрямую зависеть от излучательной способности радионуклидов. Удельная активность радиоизотопов в некоторой мере характеризует содержание в породах радиоактивных элементов, зависящее также от ряда других параметров (периода полураспада, массового числа и др.). Рассматриваемая корреляционная связь не может быть оценена непосредственно, однако возможно выделить основную тенденцию распределения коэффициентов Пирсона для каждого типа пород. Для вмещающих сланцев величины R имеют положительные или слабоположительные значения. Для рудных метасоматитов наблюдается обратная картина – отрицательные, или слабоотрицательные

значения. Такая тенденция может указывать на то, что при повышении концентрации золота в рудах падает удельная активность радиоактивных изотопов.

В результате проведенных работ были получены средние значения удельной активности радиоизотопов вмещающих сланцев и руд Северной и Восточной зон золоторудного месторождения Албын. Было установлено, что руды показывают меньшую радиоактивность для легких бета-излучающих изотопов ^{40}K и ^{137}Cs и гамма-излучающих изотопов ^{40}K и большую для тяжелых изотопов уран-ториевых семейств ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th и ^{228}Th . Не установлена положительная корреляция между золотом и удельной активностью изотопов в рудах месторождения.

Библиографический список

1. Казанцев Е.А., Малышев А.А., Орлова Н.И., Гидротермалиты Албынского месторождения // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 11. – С. 7-11.

SPECIFIC ACTIVITY OF RADIOISOTOPES OF ROCKS AND ORES OF THE ALBYN GOLD DEPOSIT (AMURE REGION)

N.V. Moiseenko, *Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher*

N.I. Sinjakova, *Junior Researcher*

N.M. Safina, *Engineer*

Institute of Geology and Nature Management of Far East Branch Russian Academy of Sciences

(Russia, Blagoveshchensk)

Abstract. *For the first time, data on the activity of beta-emitting isotopes ^{40}K , ^{137}Cs and gamma-emitting isotopes ^{40}K , ^{137}Cs , ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th and ^{228}Th in shales and ores of the Albyn deposit in the Amur region was obtained. It has been shown that the average specific activity of beta- and gamma-emitting light isotopes ^{40}K and ^{137}Cs in host shales is higher than in ores. In turn, the specific activities of heavy isotopes ^{222}Rn , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th and ^{228}Th are higher in ore metasomatites. A positive correlation has not been established between gold and the activity of isotopes of radioactive elements in ore metasomatites.*

Keywords: *gold, metasomatic rocks, carbonaceous shales, uranium, thorium, radioactive elements, specific activity of isotopes.*