

Д. В. БОРИСЕНКО, Ю. В. МИТЬКО

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА РАДИОАКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛОВ

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
[borisenk2011@mail.ru](mailto:borisenk2011@mail.ru), [J.Mitsko@mail.ru](mailto:J.Mitsko@mail.ru)*

*В статье приводится информация о результатах исследования радиоактивности минералов геологического музея кафедры геологии и географии УО «ГГУ имени Ф. Скорины». Кроме того, дается краткая информация о естественной радиоактивности минералов и горных пород и основных видах радиоактивных излучений.*

*Ключевые слова: радиоактивность, минералы, излучение, мощность экспозиционной дозы*

Естественная радиоактивность обусловлена естественными радионуклидами, содержащимися в земной коре, гидросфере и атмосфере. Они могут образовываться в результате различных процессов. Существуют следующие основные виды радиоактивных излучений:

1.  $\alpha$ -излучение. Это излучение представляет собой поток частиц, являющихся ядрами атомов гелия, несущих двойной положительный заряд. Масса покоящейся  $\alpha$ -частицы примерно в 7000 раз больше массы электрона. Путь  $\alpha$ -частицы в веществе прямолинеен. Длина пути, проходимого  $\alpha$ -частицей до полной потери энергии, называется пробегом. Пробег  $\alpha$ -частиц в воздухе при нормальных условиях не превышает 10 см. При прохождении через вещество энергия  $\alpha$ -частиц расходуется преимущественно на ионизацию атомов. Большой заряд  $\alpha$ -частиц предопределяет их исключительно высокую ионизирующую и, как следствие, очень малую проникающую способность. Из физико-химических проявлений воздействия  $\alpha$ -лучей на вещество, помимо ионизации, наибольший интерес представляет явление люминесценции вещества, особенно интенсивно проявляющейся в сернистом цинке.

2.  $\beta$ -излучение. Оно представляет собой поток частиц, несущих единичный отрицательный (электроны) или положительный (позитроны) заряд.  $\beta$ -лучи представляют собой поток электронов и позитронов. При прохождении через вещество  $\beta$ -лучи взаимодействуют не только

с электронными оболочками атомов, но и с их ядрами. Соответственно энергия  $\beta$ -частиц расходуется на ионизацию атомов и на их возбуждение. Масса покоящейся  $\beta$ -частицы равна массе электрона. В отличие от  $\alpha$ -излучения для  $\beta$ -излучения наблюдается непрерывный спектр энергий. Проникающая способность  $\beta$ -лучей значительно больше, чем у  $\alpha$ -частиц, однако по абсолютной величине она не превышает 8 – 9 мм в горных породах.

3.  $\gamma$ -излучение.  $\gamma$ -лучи представляют собой высокочастотное электромагнитное излучение, имеющее ту же природу, что и радиоволны, свет, рентгеновское излучение и отличающееся от них лишь более высокой частотой. Скорость распространения  $\gamma$ -лучей постоянна и равна скорости света. Возникновение  $\gamma$ -квантов связано с процессами дискретного перехода ядер из одного энергетического состояния в другое, более низкое, и поэтому все природные  $\gamma$ -излучатели характеризуются линейчатым энергетическим спектром. По сравнению с  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучами  $\gamma$ -излучение характеризуется несоизмеримо большей проникающей способностью, достигающей в твердом веществе горных пород нескольких десятков сантиметров. Взаимодействие  $\gamma$ -лучей с веществом протекает сложнее, чем для  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения [1].

Для измерения радиоактивности горных пород и минералов используется специальная аппаратура – радиометрические приборы.

Выделяют три класса аппаратов, отличающихся способом определения излучения, типом устройств и средствами ведения радиоконтроля.

Дозиметр – прибор для измерения экспозиционной дозы, кермы фотонного излучения, поглощенной дозы и эквивалента дозы фотонного или нейтронного излучения, а также измерение мощности перечисленных величин.

Спектрометр – оптическое устройство, измеряющее энергетический спектр ионизирующего излучения. Позволяет определять уровень радиационного загрязнения в окружающей среде, регистрировать последствия техногенных катастроф.

Радиометр – общее название ряда приборов, предназначенных для измерения энергетических характеристик того или иного излучения используя его тепловое действие.

Лабораторные методы радиометрии классифицируют в зависимости от регистрируемого вида излучения и по способу регистрации. По первому признаку различают  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -методы, по второму – интегральные (ионизационные) и импульсные. При интегральном методе регистрируется суммарный ионизационный ток, вызываемый излучением,

в импульсном – производится счет числа частиц, зарегистрированных детектором.

Для количественной оценки содержания радиоактивных элементов в породах и минералах используют такие величины, как доза или мощность дозы радиоактивного излучения. Доза радиоактивного излучения – это энергия, которую передает ионизирующее излучение веществу, а мощность дозы – это доза, полученная в единицу времени, то есть чем больше мощность дозы, тем быстрее растет и полученная доза излучения. Выделяют несколько основных видов дозы радиоактивного излучения: экспозиционная, поглощенная, и эквивалентная.

Радиоактивность горных пород и руд выше, чем больше концентрация в них минералов, содержащих естественные радиоактивные элементы, в основном семейств урана, тория, а также калия – 40. Наибольшей радиоактивностью отличаются минералы урана (первичные – уранит, настуран, вторичные – карбонаты, фосфаты, сульфаты уранила и др.), тория (торианит, торит, монацит и др.), а также находящиеся в рассеянном состоянии элементы семейств урана, тория и др. Высокой радиоактивностью характеризуются широко распространенные минералы, содержащие калий – 40 (полевые шпаты, калийные соли). Средней радиоактивностью выделяются такие минералы, как магнетит, лимонит, сульфиды и др. Низкой радиоактивностью обладают кварц, кальцит, гипс, каменная соль и др.

Нами были проведены экспериментальные исследования по определению радиоактивности минералов из коллекции геологического музея Гомельского Государственного университета имени Франциска Скорины.

Измерения были проведены над 21 образцом минералов геологического музея: лазурит, амазонит, сера, графит, вольфрамит, керченит, вольфрамит, керченит, чароит, паласит, аурипигмент, киноварь, биберит, сильвин, яшма, малахит, раухтоплаз, арагонит, эвдиалит, микроклин, антимонит.

Экспериментальные исследования были выполнены с помощью профессионального носимого дозиметра  $\gamma$ -излучения ДБГ-06Т. Данный прибор предназначен для измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) фотонного излучения на рабочих местах, в смежных помещениях и на территории учреждений, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Кроме того, дозиметр ДБГ-06Т может быть использован для контроля эффективности биологической защиты, радиационных упаковок и радиоактивных отходов, радиоактивности почв, материалов, продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности, а также измерения мощности дозы в период возникновения, протекания и ликвидации

последствий аварийных ситуаций. Применяется для оперативного контроля работниками служб радиационной безопасности, таможни, дефектоскопических лабораторий, станций и тому подобное, на предприятиях народного хозяйства, медицинских учреждениях.

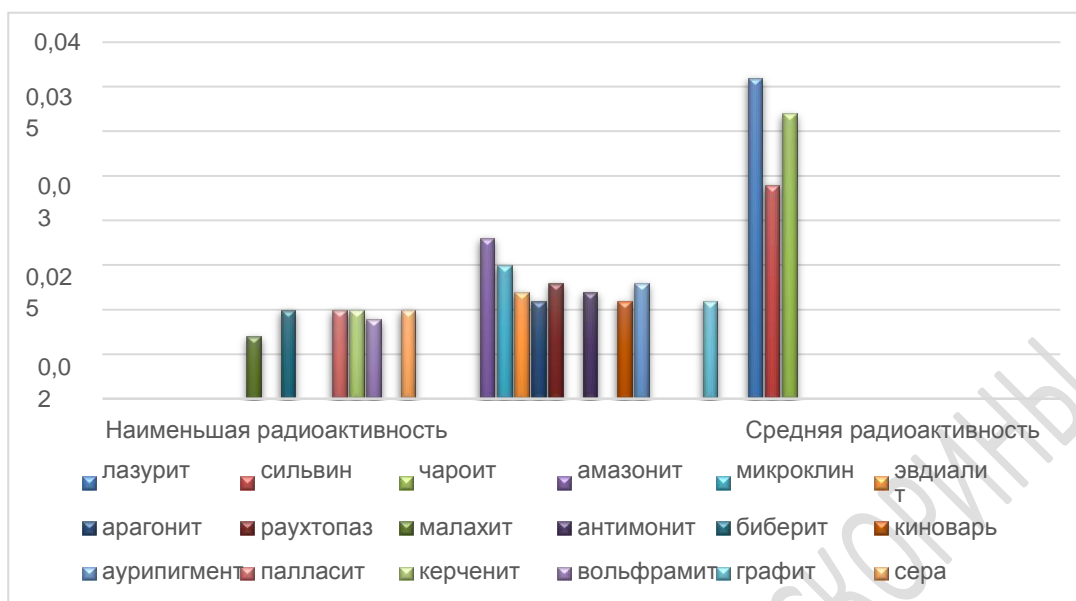
**Таблица 1 – Значения мощности экспозиционной дозы фотонного излучения минералов геологического музея кафедры**

Название минерала	Химическая формула минерала	Мощность экспозиционной дозы минерала, мР/ч
Лазурит	$\text{Na}[(\text{AlSiO}_4)\text{SO}_4]$	0,036
Амазонит	$(\text{K}, \text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	0,018
Сера	S	0,010
Графит	C	0,011
Вольфрамит	$(\text{FeMn})\text{WO}_4$	0,009
Керченит	$\text{Fe}_4\text{Fe}_4(\text{OH})_4[\text{PO}_4]_6 \cdot 21\text{H}_2\text{O}$	0,010
Чароит	$(\text{K}, \text{Ba}, \text{Sr})(\text{Ca}, \text{Na})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F}) \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,032
Палласит	$\text{FeTiP}$	0,010
Аурипигмент	$\text{As}_2\text{S}_3$	0,013
Киноварь	$\text{HgS}$	0,011
Биберит	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,010
Сильвин	KCl	0,024
Антимонит	$\text{Sb}_2\text{S}_3$	0,012
Малахит	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	0,007
Раухтопаз	$\text{SiO}_2$	0,013
Арагонит	$\text{CaCO}_3$	0,011
Эвдиалит	$\text{Na}_4(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Fe}, \text{Mn})_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{17}(\text{OHCl})_2$	0,012
Микроклин	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	0,015

Измерение мощности экспозиционной дозы фотонного излучения для каждого минерала проводилось 3 раза и было взято его среднее значение. Результаты приведены в [таблице 1](#).

В результате проведенного эксперимента, лазурит, сильвин и чароит оказались наиболее радиоактивными минералами коллекции геологического музея (0,036 мР/ч, 0,024 мР/ч, 0,032 мР/ч соответственно) ([рисунок 1](#)).

Однако, даже их значения являются низкими, относительно принятого мирового подразделения минералов по радиоактивности, которое основано на эквивалентном процентном содержании урана в минералах. Согласно данной классификации, все изученные минералы относятся к практически нерадиоактивным. Это можно объяснить ничтожно малой концентрацией в них таких радиоактивных элементов, как уран, торий и калий – 40 [\[2\]](#).



**Рисунок 1 – Значения мощности экспозиционной дозы минерала, мР/ч**

Наиболее радиоактивными минералами являются лазурит (0,036 мР/ч), чароит (0,032 мР/ч), сильвин (0,024 мР/ч) (рисунок 1). Среднюю радиоактивность имеют амазонит (0,018 мР/ч), микроклин (0,015 мР/ч), эвдиалит (0,012 мР/ч), раухтопаз (0,013 мР/ч), антимонит (0,012 мР/ч), киноварь (0,011 мР/ч), аурипигмент (0,013 мР/ч) и графит (0,011 мР/ч). Однако, большинство минералов, в число которых входят, арагонит (0,011 мР/ч), малахит (0,007 мР/ч), биберит (0,010 мР/ч), палласит (0,010 мР/ч), керченит (0,010 мР/ч), вольфрамит (0,009 мР/ч), сера (0,010 мР/ч) имеют малую радиоактивность.

Все изученные минералы обладают низкой радиоактивностью относительно принятого мирового подразделения минералов по радиоактивности, что объясняется малой концентрацией в них таких радиоактивных элементов, как уран, торий и калий – 40.

Радиометрия может использоваться не только для определения радиоактивности минералов, а также при решении самых разнообразных задач: геологическое картирование, выделение разрывных нарушений, определение геологических границ, районирование, а также для определения возраста горных пород [3].

### Список литературы

- 1 Ларионов, В.В. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка / В. В. Ларионов, Р. А. Резванов. – Изд. 2-е, перераб. М., Недра Москва, 1976. – 301 с.

2 Геофизика [Электронный ресурс] / Радиоактивность минералов. – URL: <https://bookonline.ru/node/760> – Дата доступа: 30.02.2020.

3 Васильев, И. Д. Основы радиометрии / И. Д. Васильев, К. В. Новиков. – Москва: РГГРУ им. С. Орджоникидзе, 2011, – 38 с.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ