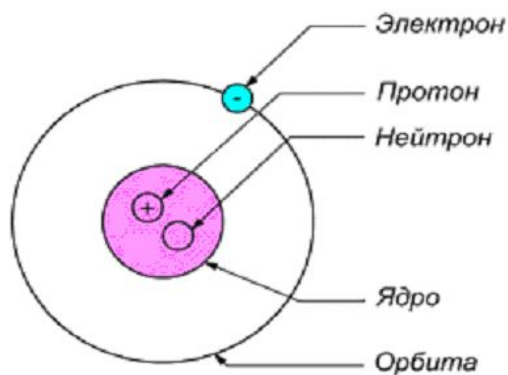


# Радиометрические методы

Доцент кафедры месторождений полезных  
ископаемых Шарова Татьяна Викторовна

Преподаватель кафедры месторождений полезных  
ископаемых Рыбин Илья Валерьевич

Атомы химических элементов состоят из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов оболочки. Ядро состоит из нуклонов, к которым относятся нейтроны и протоны. Число протонов определяет номер элемента, а сумма числа протонов и нейтронов равна массовому числу. Элементы, атомы которых имеют одинаковое число протонов, но различные массовые числа называются изотопами данного химического элемента.



Явление естественной радиоактивности представляет собой процесс самопроизвольного превращения неустойчивых ядер атомов некоторых элементов земной коры в ядра других элементов. Процесс самопроизвольного распада сопровождается испусканием альфа -, бета-частиц, гамма-квантов. Известно более 230 радиоактивных изотопов различных элементов, называемых радиоактивными нуклидами (радионуклидами), но наиболее важное значение для радиометрических исследований имеют изотопы калия, тория и урана.

Большинство радиоактивных элементов образуют семейства, в которых каждый элемент возникает из предыдущего, в результате  $\alpha$  - и  $\beta$  - распада, цепочка распадов продолжается до тех пор, пока не образуется устойчивое атомное ядро. Так в процессе превращения  $^{238}\text{U}$  в стабильный свинец образуется 14 промежуточных элементов

При работе с естественными и искусственными радионуклидами определяется их масса, концентрация, доза и мощность дозы излучения. Массу долгоживущих радиоактивных нуклидов определяют в *кг, г, мг*.

В СИ единицей для определения активности радионуклидов является беккерель (Бк) – это активность любого нуклида, в котором за 1 секунду распадается 1 ядро. Единица названа в честь французского физика, лауреата Нобелевской премии Антуана Анри Беккереля.

Очень часто на практике используют несистемную единицу активности - Кюри (Ки) -  $3,7 \times 10^{10}$  Бк (расп/сек). Эта единица возникла исторически: такой активностью обладает 1 грамм радия-226 в равновесии с дочерними продуктами распада. Именно с радием-226 долгие годы работали лауреаты Нобелевской премии французские учёные супруги Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри.

Мощность дозы, т.е. облучение за единицу времени, в радиометрии выражают в амперах на килограмм (А/кг), микрорентгенах в час (мкР/ч).

Радиоактивность горных пород и руд тем выше, чем больше концентрация в них естественных радиоактивных элементов.

Породообразующие минералы можно разделить на четыре группы в зависимости от радиоактивности:

- 1. группа минералов очень высокой радиоактивности - это минералы урана (первичные - уранит, настуран, вторичные - карбонаты, фосфаты, сульфаты уранила и др,) тория (торианит, торит, монацит и др.);
- 2. группа минералов высокой радиоактивности – минералы, содержащие калий-40 (полевые шпаты, калийные соли);
- 3. группа минералов средней радиоактивности - магнетит, лимонит, сульфиды и др.;
- 4. группа минералов низкой радиоактивности - кварц, кальцит, гипс, каменная соль и др.

Соответственно радиоактивность горных пород определяется радиоактивностью породообразующих минералов и изменяется в очень широких пределах в зависимости от качественного и количественного состава минералов, условий образования, возраста и степени метаморфизма. Концентрация радиоактивных элементов в магматических породах возрастает от ультраосновных к кислым породам.

Основой радиометрических методов является выявление и изучение естественной радиоактивности минералов и горных пород. Радиометрические методы можно разделить на полевые и лабораторные методы.

Все полевые поисковые радиометрические методы являются геохимическими, так как изучают геохимические поля радиоактивных элементов с целью выявления их ореолов рассеяния. В лабораторных условиях радиометрические методы применяются для определения содержания радиоактивных элементов в минералах, горных породах, воде и газах.

С помощью радиометрических методов можно решить следующие задачи:

- геологическое картирование, которое основано на различии радиоактивности разных типов пород, а также повышение радиоактивности пород в зоне тектонических нарушений;
- литологическое расчленение горных пород. В данном случае очень важен  $\gamma$ -метод исследования скважин в комплексе с другими геофизическими методами в случае, когда бурение скважин осуществляется без отбора керна или выход керна мал;
- радиометрические методы широко применяются во всех видах поисков и разведки полезных ископаемых генетически и парагенетически связанных с ураном и торием. Например, к месторождениям редкоземельных элементов, боксита, олова, бериллия приурочено повышенное содержание тория; к месторождениям ниобия, тантала, вольфрама, молибдена - урана; к некоторым полиметаллическим месторождениям – калия.
- разведка, определение глубины и мощности рудных тел, а также оконтуривание границ залегания. Максимальное значение радиоактивности элементов в земной коре приурочено к верхней части гранитной геосферы, мощностью 25 – 30 км.
- определение абсолютного возраста горных пород, основанного на том, что процесс радиоактивного распада протекает с постоянной скоростью, не зависящей от окружающих физико-химических условий.

Основными методами радиометрии являются гамма-съемка, при которой регистрируют интенсивность гамма-излучения, и в меньшей степени используется эманационная съемка, основанная на измерении концентрации эманации в почве и воздухе (т.е. измеряется излучение радиоактивных газов).

Радиоактивные излучения могут быть зарегистрированы двумя методами: ионизационными и импульсными. В ионизационном методе в качестве регистрирующих приборов используются ионизационные камеры, а в импульсном счетчики излучения.

В ионизационных камерах измеряют интенсивность  $\alpha$  – излучения, имеющего большую ионизационную способность, реже  $\beta$  – излучение. С помощью счетчиков регистрируют все виды излучения.

Сцинтилляционный счетчик состоит из сцинтиллятора (неорганические или органические кристаллы, жидкие и газообразные), способного под действием гамма-квантов испускать вспышки света.

Полевая радиометрическая аппаратура предназначена для измерения  $\alpha$  -,  $\beta$  – и  $\gamma$ - активности пород в процессе пешеходной, автомобильной и воздушной съемок, для обнаружения и определения концентраций радиоактивных эманаций в горных выработках, почвенном воздухе и воде. По типу применяемых счетчиков приборы подразделяются на газоразрядные и сцинтилляционные.

Для гамма-съемки используют разного рода полевые радиометры со стрелочным индикатором на выходе. С помощью наушников можно осуществлять звуковую индикацию импульсов.

Радиометрические методы по виду используемых излучений разделяют на  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -методы:

- Альфа - излучение представляет собой поток положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия), энергия которых на длине пути около 10 см в воздухе и долей миллиметров в породах тратится на ионизацию и нагревание окружающей среды, поэтому проникающая способность у них очень мала. Т.е.  $\alpha$ -распад – это выбрасывание (испускание) из ядра атома  $\alpha$ -частицы, а  $\alpha$ -частица - это 2 протона и 2 нейтрона, то есть ядро атома гелия с массой 4 единицы и зарядом +2. Скорость  $\alpha$ -частицы при вылете из ядра от 12 до 20 тыс. км/сек. Так, например, при  $\alpha$ -распаде урана всегда образуется торий, при  $\alpha$ -распаде тория - радий, при распаде радия - радон, затем полоний и наконец - свинец. При этом из конкретного изотопа урана-238 образуется торий-234, затем радий-230, радон-226 и т. д.
- $\alpha$ -метод используется с целью измерения  $\alpha$ -излучения и определения концентрации радиоактивных элементов (U,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и др.) в радиоактивных рудах и породах. Использование  $\alpha$ -метода является сложной задачей из-за специфики  $\alpha$ -частиц.
- Для измерения  $\alpha$ -излучения используются ячеистые сцинтилляционные системы, пропорциональные газопоточные счетчики и сцинтилляционные жидкостные счетчики в совокупности с предусилителем, усилителем, источником высокого напряжения, счетными и записывающими устройствами.



- Бета-излучение представляет собой поток электронов ( $\beta^-$  - излучение, или, чаще всего, просто  $\beta$  - излучение) или позитронов ( $\beta^+$  - излучение), возникающих при радиоактивном распаде. В настоящее время известно около 900  $\beta$  - радиоактивных изотопов. В зависимости от природы источника  $\beta$  - излучений скорость этих частиц может лежать в пределах 0,3 – 0,99 скорости света.  $\beta$  - частицы вызывают в основном ионизацию окружающей среды, т.е. образование положительных ионов и свободных электронов вследствие вырывания электронов из внешних оболочек атомов.
- Полевые методы с использованием  $\beta$  - метода предназначены для оконтуривания ореолов рассеяния радиоактивных элементов в поверхностном слое горных пород или почв. Измерение  $\beta$  – излучения производится ионизационными методами, однако чаще всего его измеряют импульсным методом на лабораторных радиометрах. В лабораторных условиях  $\beta$  - метод является основным методом установления содержания урана в урановых рудах. Радиоактивность пробы руды по  $\beta$  - лучам сравнивается с радиоактивностью эталона в одинаковых условиях измерения.
- $\beta$  - метод может использоваться в комплексе с  $\gamma$  – методом. Комплексный  $\beta$  -  $\gamma$  - метод основан на различии вкладов каждого компонента в измеряемую активность пробы.

Гамма-излучение представляет собой поток электромагнитного излучения очень высокой частоты. Хотя они рассеиваются и поглощаются окружающей средой, но благодаря своей электрической нейтральности отличаются более высокой проникающей способностью (сотни метров в воздухе и до метра в горных породах). Количество и концентрация долгоживущих элементов (U, Th,  $^{40}\text{K}$ ) в горной породе определяются их массой и процентным содержанием (или эквивалентным содержанием урана).

Существуют различные приборы с разной чувствительностью к  $\gamma$  - излучению. Выбор оптимального прибора зависит от условий проведения  $\gamma$  - съемки и требований, предъявляемых к ее результатам. Основная масса приборов производит измерения мощности экспозиционной дозы гамма излучения от 0,1 до 10000 мкр./ч в энергетическом диапазоне от 80 кэВ до 2,6 МэВ. Лабораторный  $\gamma$  - метод применяется для установления содержания в пробах  $\gamma$  - излучающих радиоактивных элементов. Измерения  $\gamma$  - излучения проб производятся импульсным методом или со сцинтилляционными счетчиками. Применение этих счетчиков дает возможность производить  $\gamma$  - измерения с высоким уровнем чувствительности. Далее следует сравнение активности исследуемой пробы с активностью эталона при одинаковых геометрических условиях с вытекающими расчетами.

БЛАГОДАРЮ ЗА  
ВНИМАНИЕ!!!