

А.Г.Талалай, Ж.Н.Александрова, М.Ю.Жарников, Д.Ю.Демежко

ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ ФЛЮОРИТОВЫХ РУД ВОЗНЕСЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В последнее время в мире проявляется все больший интерес к проблемам экологии и, в частности, воздействию естественных радиоактивных излучений на организм человека, а также влиянию производственной деятельности на радиационную обстановку. Предпосылкой для исследований является тот факт, что флюоритовые руды обычно характеризуются повышенным содержанием урана, тория и калия.

Причиной повышения радиоактивности флюорита может быть исключительная способность урана и тория к изоморфизму при эндогенных процессах минералообразования. Возможно изоморфное замещение ураном и торием кальция, входящего в состав флюорита (CaF_2). В изоморфизме участвует U^{4+} с ионным радиусом 0,105 нм и Th^{4+} (0,11 нм). Значения их ионных радиусов близки к ионному радиусу Ca^{2+} (0,106 нм). Поэтому уран и торий непосредственно входят в кристаллическую решетку флюорита.

Ниже приводятся результаты радиометрических измерений естественной радиоактивности флюоритовых руд Ярославского горно-обогатительного комбината, которые были начаты в карьере Вознесенской группы месторождений.

Решались следующие задачи: поиски, детализация и оценка природы радиоактивных аномалий, изучение пространственного распределения естественной радиоактивности в рудных телах и вмещающих породах.

Радиометрическая съемка выполнялась радиометрами СРП-68-01 с измерением мощности экспозиционной дозы в микроРентген/час. Контроль чувствительности радиометров проводился ежедневно на контрольном пункте (КП) в начале и по окончании смены. При средней мощности экспозиционной дозы пород на КП - 13,8 мкР/ч - среднеквадратическое отклонение чувствительности не превышало 0,5 мкР/ч. Систематического смещения чувствительности не наблюдалось.

Измерения концентраций радиоэлементов в условиях естественного залегания проводились концентратомерами РКП-305 «Карат». По измерениям на КП средние концентрации и среднеквадратические отклонения составили соответственно для урана - $2,9 \times 10^{-4}$ и $0,76 \times 10^{-4}$, тория - $6,3 \times 10^{-4}$ и $0,99 \times 10^{-4}$, калия - 1,54% и 0,09%.

Условия карьера не позволяют применить регулярную сеть радиометрических наблюдений, поэтому радиометрическая съемка проводилась по комбинированной методике. Наиболее глубокая часть карьера (гор.-65-70 м) была исследована по регулярной сети (субширотными профилями, разбитыми через 20 м). На верхних горизонтах съемка проводилась отдельными маршрутами, проходящими по дорогам, бермам, вдоль линий уступов. В первую очередь обследовались коренные выходы пород и взорванная рудная масса. Топопривязка маршрутов осуществлялась визуально по плану горных работ масштаба 1:2000. Расстояние между точками наблюдений по изменчивости гамма-поля составляло 20-50 м. Непрерывно прослушивался гамма-фон на маршрутах между точками наблюдений, на подходах к маршрутам, во время свободных поисков аномалий. Всего было пройдено и задокументировано 16 погонных километров радиометрических маршрутов. Проведенные работы приблизительно соответствуют радиометрической съемке масштаба 1:2000. Измерения концентраций радиоэлементов урана, тория и калия проводились на радиоактивных аномалиях для оценки природы радиоактивности, по отдельным маршрутам, пересекающим главное рудное тело, для радиогеохимической оценки флюоритовых руд, метасоматически измененных и вмещающих пород. Изучены два детальных участка (по шламу буровзрывных скважин): первый располагался на восточном фланге главного рудного тела (горизонт - 65 м, 60 точек измерений), второй в пределах Вознесенского цинкового месторождения (горизонт - 70 м, 70 точек измерений). Всего было проведено 315 измерений концентраций, в том числе 12 на радиоактивных аномалиях. Результаты полевых работ, которые отражены на планах радиометрической съемки и измерений концентраций радиоэлементов, показали, что наиболее распространенные на месторождении породы - шунгитовые известняки и сланцы - характеризуются низким уровнем радиоактивности (8-15 мкР/ч), соответствующим кларковым концентрациям радиоэлементов. Незначительная вариация радиоактивности в этих породах свидетельствует об отсутствии перераспределения радиоэлементов. Элювиально-делювиальные отложения и коры выветривания наследуют низкую радиоактивность материнских пород. Более высоким уровнем радиоактивности обладают гранит-порфиры, порфирированные грейзенизированные граниты, а также скарны. На участках развития этих пород на протяжении десятков метров регистрируются мощности экспозиционной дозы 40-50 мкР/ч. Их радиоактивность обусловлена повышенными концентрациями всех трех радиоэлементов U, Th, K, что является признаком «породных» аномалий. Слюдисто-флюоритовые руды характеризуются несколько повышенной радиоактивностью (приблизительно на 5

мкР/ч) по сравнению с вмещающими известняками. Кроме того, среди них нередко встречаются локальные повышения гамма-поля до 30-40 мкР/ч. На периферии рудного тела обнаружено семь аномальных проявлений с мощностью дозы гамма-излучения от 100 до 500 мкР/ч.

Дальнейшие исследования естественной радиоактивности флюоритовых руд были выполнены в лабораторных условиях. Руды были предварительно разделены по минералогическому составу и технологическим особенностям переработки на пять промышленных типов (по Ткаченко А.А.) [2]. Исследования начинались с регистрации спектров гамма-излучения естественной радиоактивности с использованием серийной аппаратуры, включающей сцинтилляционный блок детектирования и амплитудный анализатор импульсов. На рис. 1 приведен типичный спектр гамма-излучения флюоритовой руды.

На рис. 2 приведены результаты определения эквивалентной массовой доли калия, урана и тория в целом для флюоритовой руды месторождения. Так, распределение калия и урана носит одномодальный характер и близко к нормальному. Распределение же тория - двухмодально. Около 75% исследованных проб содержало тория от 0 до 30 г/т. Примерно в 17% всех проб обнаружена концентрация тория от 60 до 115 г/т.

В основных санитарных правилах и нормах радиационной безопасности [1] существуют нормы, ограничивающие удельные активности естественных радионуклидов в строительных материалах, используемых при строительстве всех вновь строящихся жилых и общественных зданий. Они не должны превышать следующие значения:

^{238}U (^{226}Ra) - 1×10^{-8} Ки/кг (370 Бк/кг);

^{232}Th - 7×10^{-9} Ки/кг (259 Бк/кг);

^{40}K - $1,3 \times 10^{-7}$ Ки/кг (4810 Бк/кг).

Для смеси указанных нуклидов с удельной активностью C (Ки/кг) должны выполняться следующие условия:

$$C = C_{\text{U}}/1 \times 10^{-8} + C_{\text{Th}}/7 \times 10^{-9} + C_{\text{K}}/1,3 \times 10^{-7} < 1$$

Учитывая, что 1 Кюри равен $3,7 \times 10^{10}$ Беккерелей, средние значения удельной активности естественных радионуклидов во флюоритовой руде в Кюри будут составлять:

калий - $0,2 \times 10^{-7}$ Ки/кг;

уран - $0,093 \times 10^{-8}$ Ки/кг;

торий - $2,5 \times 10^{-9}$ Ки/кг.

Подставим эти значения в формулу, получим: $C=0,604$.

Таким образом, удельная активность естественных радионуклидов, присутствующих во флюоритовой руде Вознесенского месторождения, оставляет примерно 60% от допустимой нормами радиационной безопасности удельной активности этих элементов для стройматериалов. Поэтому можно заключить, что доза, которую получает человек, работая в условиях карьера, не будет превышать дозы, которую он мог бы получить, работая в помещении.

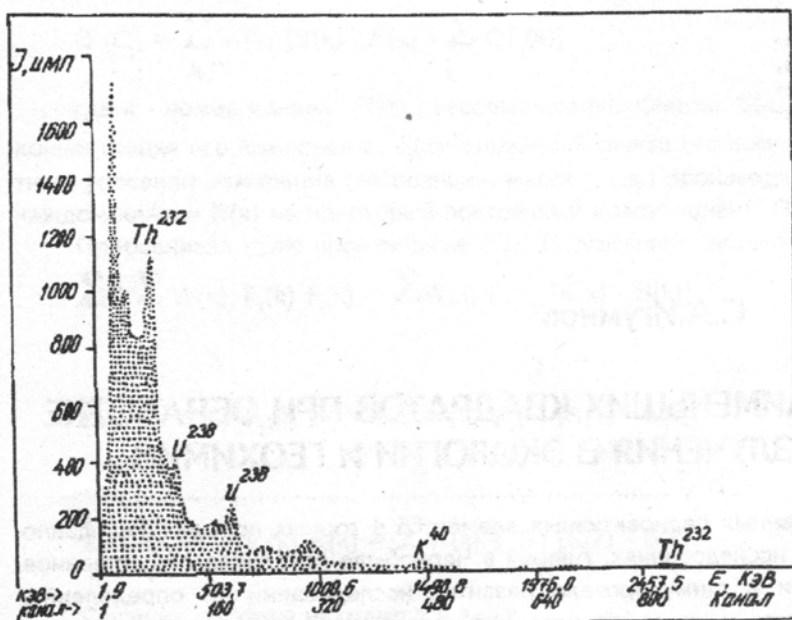


Рис. 1. Аппаратурный спектр естественного гамма-излучения флюоритовой руды Вознесенского месторождения

Как отмечалось выше, внешнее облучение дает лишь около трети годовой эффективной эквивалентной дозы, а остальное создается внутренним облучением, большая часть которого обусловлена вдыханием радона. Для оценки эманулирующей способности флюоритовых руд были проведены работы

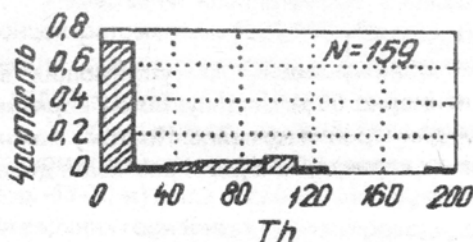
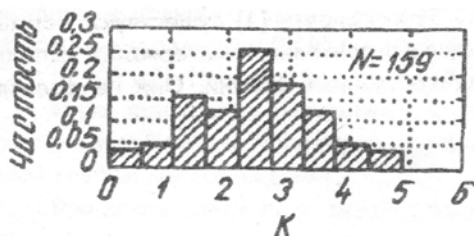
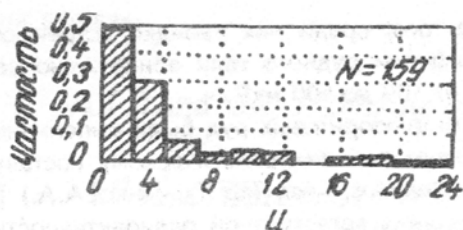


Рис. 2. Гистограммы распределения массовых долей урана, тория и калия в целом для флюоритовых руд Вознесенского месторождения

с целью определения коэффициента эманирования руд. Как указывалось выше, он оказался равным 4-5%. Эта цифра меньше, чем у большинства пород (10-20%). Но это обстоятельство не позволяет утверждать, что флюоритовая руда Вознесенского месторождения не выделяет эманацию в окружающую среду, так как эманирование представляет собой сложный процесс, ход которого в значительной степени зависит от физического состояния твердого тела. Изменения температуры, влажности и т.п. могут привести к большим изменениям эманирующей способности. Коэффициент эманирования характеризует эманирующую способность твердого тела только в определенном физическом состоянии. Поэтому коэффициенты эманирования, определенные по анализам проб, нельзя приравнять к коэффициентам, характеризующим выделение радона в условиях естественного залегания.

Таким образом, результаты исследований - свидетельство об экологической чистоте горных пород и руд Вознесенского месторождения только в отношении гамма-радиации. Для оценки влияния внутреннего облучения, которое непосредственно связано с радоном и торием, требуются дополнительные исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Нормы радиационной безопасности. ИРБ - 76/87. Основные санитарные правила. ОСП - 72/87.* - М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. *Талалай А.Г., Ткаченко А.А. и др. Исследования радиометрических свойств флюоритовых руд Вознесенского месторождения. Отчет о НИР/Уральский горный институт. - Екатеринбург, 1993. - 147 с.*

УДК 550.83

С.А.Игумнов

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ СПЕКТРОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭКОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

Определение содержания естественных радиоактивных элементов в горных породах уже давно широко используется в геохимических исследованиях. Авария в Чернобыле привлекла общественное внимание к проблемам радиозологии и стимулировала развитие исследований по определению содержания радионуклидов естественного и искусственного происхождения в почвах, строительных материалах, растениях, продуктах питания и т.д.

Наиболее просто обнаруживаются радионуклиды, являющиеся гамма-излучателями. Применение спектрометрической аппаратуры с полупроводниковыми (ППД) или сцинтилляционными детекторами позволяет определять концентрации отдельных радионуклидов без химического разделения.

Полупроводниковые детекторы обладают высоким разрешением и незаменимы при анализе