

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Кёртис. Введение в нейтронную физику. М., Атомиздат, 1965.  
 2. Р. Д. Васильев и др. «Атомная энергия», 15, 200 (1963).  
 3. И. В. Гордеев, Д. А. Кардашев, А. В. Ма-

лышев. Ядернофизические константы. М., Атомиздат, 1963.  
 4. Справочник по ядерной физике. М., Физматгиз, 1963.  
 5. Н. Н. Шумиловский, Л. В. Мельтцер, А. А. Колмаков. Радиоизотопные методы автоматического контроля состава сложных руд. М., «Энергия», 1964.

## Применение радиоизотопного рентгенофлуоресцентного анализа для определения вещественного состава горных пород и руд в движении

Г. А. ПШЕНИЧНЫЙ, А. П. ОЧКУР, Р. И. ПЛОТНИКОВ, Д. А. ГОГАНОВ

УДК 550.8.08

Как известно, в промышленности очень часто возникает необходимость в непрерывном анализе горных пород, руд и продуктов их переработки, находящихся в движении. Сюда относится прежде всего определение полезных компонентов руд и продуктов их переработки в условиях горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий непосредственно на ленте транспортера. Такой контроль имеет большое экономическое значение, так как позволяет оперативно управлять ходом производственного процесса и оптимизировать его. При решении другой задачи — поиска и разведки рудных месторождений — анализ горных пород и руд, осуществляемый с движущейся автомашины, позволяет заменить малопродуктивную металлотрическую съемку, требующую отбора, обработки и анализа отдельных проб.

В настоящей работе приведены первые результаты по выяснению возможности использования радиоизотопного рентгенофлуоресцентного метода для определения состава горных пород и руд в движении.

Установка для автомобильной рентгенофлуоресцентной съемки состояла из датчика, усилителя, четырехканального гамма-спектрометра и самописца. Питание прибора осуществлялось от аккумуляторов. В датчике помещались: проточный пропорциональный счетчик с окном из лавсана толщиной 20 мм и площадью 120 см<sup>2</sup>, радиоизотопные источники и предусилитель. Продувка счетчика газом производилась от баллона со смесью Ar + 10% CH<sub>4</sub>, питание — от высоковольтных батарей ГБ-400. Радиоизотопные источники устанавливались на одном уровне с окном счетчика на расстоянии 1–2 см от его края. Датчик крепился на амортизаторах, предохранявших его от случайных повреждений, на заднем мосту автомашины или при испытаниях на конвейере непосредственно над лентой транспортера. Среднее расстояние от датчика до поверхности породы составляло 70–80 мм.

На рис. 1 приведена зависимость сигнала  $NK_{\alpha}$  Fe на выходе прибора от расстояния  $H$  между датчиком и исследуемой поверхностью. Выходной сигнал оставался практически неизменным при уменьшении расстояния от 50 до 90 мм, что обеспечивало существенное снижение погрешностей, связанных с неровностями исследуемой поверхности.

Использование в установке четырехканального спектрометра и самописца позволяло одновременно определять несколько элементов, что необходимо при анализе сложных многокомпонентных руд.

На рис. 2 показаны результаты автомобильной рентгенофлуоресцентной съемки железа, проведенной

на участке коренных выходов железистых кварцитов. Для возбуждения использовались четыре мишени  $H^3/Zr$  общей активностью 60 кюри. Этот радиоизотоп, являющийся источником тормозного излучения с энергией 2–12 кэв, эффективно возбуждает  $K$ -серию железа ( $Fe K_{\alpha} = 6,4$  кэв). Измерения проводились при ширине окна спектрометра, соответствующей 1 кэв. Скорость счета для  $Fe_2O_3$  составляла 200 имп/сек при фоне от кварцевого песка 30 имп/сек. Движение ленты самописца было синхронизовано с движением автомашины, что позволяло получить запись содержания железа по профилю в постоянном масштабе, не зависящем от скорости движения автомашины. Полученные при автомобильной съемке результаты соответствуют данным геологического опробования. Некоторое занижение сигнала от узлокальных аномалий при больших скоростях движения автомашины обусловлено инерционностью системы. Оно может быть уменьшено снижением постоянной времени аппаратуры.

На рис. 3 приведены результаты применения рентгенофлуоресцентного метода для непрерывного контроля содержания титана и циркония в рудах на ленте транспортера, сопоставленные с данными лабораторного рентгеноспектрального анализа отдельных проб. Для возбуждения  $K$ -серии титана ( $Ti K_{\alpha} = 4,5$  кэв) и циркония ( $Zr K_{\alpha} = 15,7$  кэв) были применены совместно источники  $Fe^{55}$  (5,9 кэв) и  $Cd^{109}$  (22 кэв).

Активность источника  $Fe^{55}$  составляла 30 мкюри и  $Cd^{109}$  5 мкюри, что обеспечивало скорости счета 60 и 25 имп/сек на 1%  $TiO_2$  и  $ZrO_2$  соответственно. Определение титана проводилось при пороге дискримина-

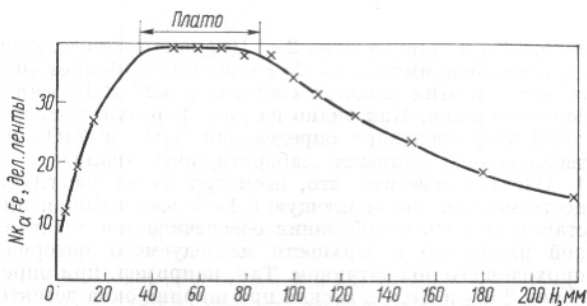


Рис. 1. Зависимость сигнала на выходе прибора от расстояния  $H$  между датчиком и исследуемой поверхностью.

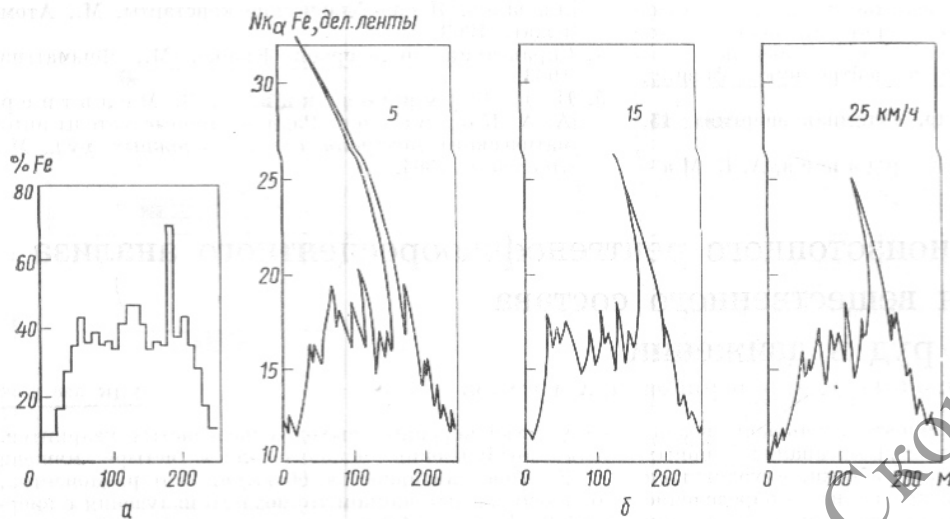


Рис. 2. Сравнение результатов автомобильной рентгенофлуоресцентной съемки при различных скоростях движения автомашины с данными геологического опробования:

а — геологическое опробование; б — автомобильная съемка.

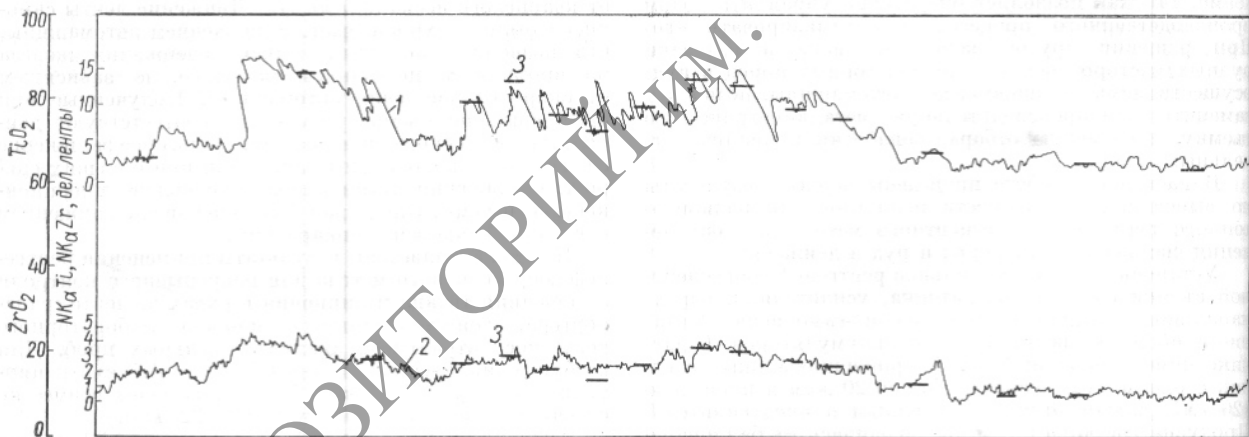


Рис. 3. Результаты рентгенофлуоресцентного определения титана и циркония на ленте транспортера, сопоставленные с данными лабораторного анализа:

1 — запись содержания титана; 2 — запись содержания циркония; 3 — результаты лабораторного анализа отобранных проб.

натора 8 в и ширине окна 2 в. Цирконий определялся с порогом дискриминатора 25 в и окном 5 в. Фон от чистого песка в этих каналах составлял ~20 и 10 *имп/сек* соответственно. Как видно из рис. 3, результаты рентгенофлуоресцентного определения  $TiO_2$  и  $ZrO_2$  подтверждаются данными лабораторного анализа.

Следует отметить, что, несмотря на малую глубину метода, составляющую 0,1—5 мм, высокая представительность опробования обеспечивается значительной площадью поверхности исследуемого материала, проходящего под датчиком. Так, например, при определении  $TiO_2$  и  $ZrO_2$  в песках при ширине окна детектора 10 см и скорости движения транспортера 2 м/сек вес исследуемой породы за 1 сек составляет 10 и 400 г для титана и циркония соответственно. Ввиду малой глубин-

ности метода поверхностные загрязнения могут значительно исказить результаты опробования, что относится главным образом к автомобильной съемке. Однако, несмотря на полуколичественный характер определений, автомобильная съемка позволяет надежно выделить ореолы рассеяния некоторых рудных элементов выходящие непосредственно на поверхность.

Предложенная методика анализа горных пород и руд в движении может быть применена для определения содержания элементов с атомными номерами от 1 и выше, флуоресцентное излучение которых достаточно жестко, чтобы проникать через слой воздуха толщиной в 5—10 см.

Поступило в Редакцию 28/XI 1968  
В окончательной редакции 26/III 1969