

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС)



**Научный совет по аналитическим
методам**

Ядерно-физические методы

Инструкция № 142-ЯФ

ХРОМ

Москва
1977

Выписка из приказа ГК СССР № 229 от 18 мая 1964 года

7. Министерству геологии и охраны недр Казахской ССР, главным управлениям и управлениям геологии и охраны недр при Советах Министров союзных республик, научно-исследовательским институтам, организациям и учреждениям Гостеолкома СССР:

а) обязать лаборатории при выполнении количественных анализов геологических проб применять методы, рекомендованные ГОСТами, а также Научным советом, по мере утверждения последних ВИМСом.

При отсутствии ГОСТов и методов, утвержденных ВИМСом, разрешить временно применение методик, утвержденных в порядке, предусмотренном приказом от 1 ноября 1964 г. № 998;

в) выделить лиц, ответственных за выполнение лабораториями установленных настоящим приказом требований к применению наиболее прогрессивных методов анализа.

Приложение № 3, § 3. Размножение инструкций на местах во избежание возможных искажений разрешается только фототрафическим или электрографическим путем.

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
Научный Совет по аналитическим методам при ВНИМСе

Ядерно-физические методы
Инструкция № 142-ЯФ

**ФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ РЕНТГЕНРАДИО-
МЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА
В ПОРОШКОВЫХ ПРОБАХ ХРОМИТОВЫХ
РУД И ПРОДУКТОВ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ**

**Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья
(ВНИМС)**
Москва, 1977

В соответствии с приказом Министра геологии № 496 от 29 октября 1976г. инструкция № I42-ЯФ рассмотрена и рекомендована Научным советом по аналитическим методам к применению для анализа рядовых проб - III категория.

(Протокол № 28 от 19 января 1976г.)

Председатель НСАМ

Г.В. Остроумов

Председатель секции
ядерно-физических методов

А.Л. Якубович

Ученый секретарь

Р.С. Фридман

Инструкция № 142-ЯФ рассмотрена в соответствии с приказом Министра геологии № 496 от 29.X.1976г. Научным советом по аналитическим методам (проткол № 28 от 19 января 1976г.) и утверждена ВИАСом с введением в действие с 1 августа 1976г.

ФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ РЕНТГЕНРАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА В ПОРОШКОВЫХ ПРОБАХ ХРОМИТОВЫХ РУД И ПРОДУКТОВ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ^{х)}

Сущность метода

Хром определяют флуоресцентным рентгенорадиометрическим методом по интенсивности его характеристического излучения, возбуждаемого в пробе радиоактивным изотопом ^{125}I . В настоящей инструкции, разработанной Л.И. Вознесенским, М.К. Совцовой, В.Г. Пузанским и В.В. Савельевым, предусмотрено применение источника первичного гамма-излучения на основе изотопа Cd^{109} с энергией основной линии 22,6 кэВ ^{111}I . В качестве детектора используется пропорциональный счетчик с ксеноновым наполнителем.

Хром определяется в насыщенных слоях. Измерения выполняются по способу спектральных отношений (η). Аналитическим параметром является отношение

$$\eta = \frac{n_x}{n_s}, \quad (I)$$

где n_x - число импульсов, зафиксированных за время t в канале регистрации K_α -линии характеристического излучения хрома (5,4 кэВ).

n_s - число импульсов, зафиксированных за время t в канале регистрации рассеянного пробой излучения основной линии изотопа Cd^{109} .

х) Внесена в ИСАМ лабораторией ядерной геофизики ВИАГ, 1976г.

Проведение измерений по способу спектральных отношений позволяет снизить влияние неоднородности вещественного состава проб, изменений крупности и плотности исследуемого материала, непостоянства расстояния датчик - проба, аппаратурной нестабильности, а также упростить учет изменений активности источника и обеспечить высокую чувствительность определения хрома рентгенорадиометрическим методом в области рудных концентраций хрома²⁻⁵.

Содержание хрома в пробе определяется по градуировочному графику зависимости величины спектрального отношения (η) от содержания хрома в пробе (С). Для построения градуировочного графика используются пробы хромитовых руд, содержание хрома в которых установлено химическими методами анализа. Результаты химического анализа должны быть подтверждены результатами контрольного химического анализа по зашифрованным пробам с отклонением в пределах допустимой погрешности.

Определению хрома мешает железо, присутствующее в хромитовых рудах, K_{α} - линия которого (6,4 кэв) возбуждается источником Sr^{109} одновременно с K_{α} -линией хрома. Влияние железа выражается в завышении скорости счета в канале регистрации характеристического излучения хрома вследствие недостаточного энергетического разрешения пропорциональных счетчиков и дополнительного избирательного возбуждения хрома K_{α} -линией характеристического излучения железа, а также в изменении абсорбционных свойств пробы по отношению к рассеянному излучению источника. Вклад излучения K_{α} -линии железа в канал регистрации характеристического излучения хрома можно существенно уменьшить, применяя хромовый фильтр оптимальной плотности, избирательно поглощающий излучение железа. Влияние эффекта избирательного возбуждения и изменений абсорбционных свойств пробы исключается введением поправки на содержание железа в пробе. Оптимальная плотность хромового фильтра составляет 15-20 мг/см².

Метод рекомендуется для определения хрома при содержаниях более 20% Cr_2O_3 и до 25% FeO . Среднеквадратичная погрешность определения хрома в указанном диапазоне содержаний составляет $\pm 0,4\%$ Cr_2O_3 . При определении меньших содержаний хрома точность анализа снижается.

Практически метод опробован на приборе БРА-6 на рудах месторождений Кжис-Кемперсайской группы при содержаниях в пробах от 15 до 60% Cr_2O_3 и от 7 до 25% FeO . Руды известных в СССР и за рубежом месторождений хромитов незначительно отличаются от руд этого месторождения по вещественному составу⁹. Диапазон изменения содержания хрома и железа в рудах всех известных месторождений хромитовых руд практически укладывается в указанные пределы. Кроме хрома и железа в них в заметных количествах могут присутствовать магний (7-20% MgO), алюминий (5-24% Al_2O_3), кремний (0,5-27% SiO_2). В небольших концентрациях присутствует кальций (от долей до первых единиц процентов CaO). Содержанием остальных элементов с точки зрения влияния на точность рентгенорадиометрического определения хрома можно пренебречь.

Аппаратура

1. Приборы БРА-6, "Квант", "Тагара" (РРС4-01) или другая аналогичная аппаратура для рентгенорадиометрического анализа насыщенных слоев порошковых проб в геометрических условиях широких расходящихся пучков. Конструктивные особенности аппаратуры БРА-6 и "Квант" обеспечивают по сравнению с другими приборами более высокую производительность.

2. Радиоактивный изотоп Cs^{137} активностью 5 милликюри в металлических ампулах цилиндрической формы диаметром 10 мм (ТУ И-174-71) или 3 мм (ТУ И-155-71), высотой 5 мм и 3 мм соответственно¹¹.

Ход анализа

1. Подготовка проб к анализу

Анализируемые пробы должны быть истерты до крупности ~ 200 меш; вес пробы — ~ 50 г. Мерной ложкой отбирают 10 см³ пробы, вспаивают в кювету несколько выше краев, уплотняют и разглаживают поверхность пробы стеклянной пластинкой. Количество и степень уплотнения порошка должны быть постоянны. Кюветы должны быть одинаковой высоты и диаметра с одинаковой высотой бортиков. Анализируемые пробы нельзя хранить в помещениях с повышенной влажностью.

Для контроля градуировочного графика готовят твердые

порошок SiO_2 или Al_2O_3 , хромитовая руда или твердый эталон с низким содержанием хрома (20-25% Cr_2O_3).

Правильность настройки прибора, качество пропорционального счетчика и работу прибора в целом проверяют, снимая спектры одной-двух эталонных проб. Спектр снимают во всем динамическом диапазоне прибора при ширине окна 5% и изменении уровня дискриминации с интервалами 5% (рис. 1).

При нормальном режиме работы приборов БРА-6 или "Квант" максимумы амплитудного распределения характеристического излучения хрома и рассеянного пробой первичного излучения изотопа Cd^{109} должны находиться на уровне дискриминации 75%; ширина фотопика хрома на половине высоты должна составлять не более 20% динамического диапазона, что соответствует разрешению пропорционального счетчика по K_{α} - линии хрома ~27%; уровень шумов не должен превышать 15%-ного уровня дискриминации.

Такой режим работы прибора обеспечивает оптимальные условия отделения полезного сигнала от шумов и рассеянного излучения при измерениях с широким окном.

3. Определение содержания хрома

Анализируемую пробу помещают под зондовое устройство датчика (под облучение). Последовательно измеряют интенсивность характеристического и рассеянного излучения^{х)}. Наибольшая точность и производительность достигаются при измерениях с широким окном: 50% динамического диапазона при пороге дискриминации 50%.

Продолжительность измерений (экспозиция) определяется скоростью счета и должна обеспечивать относительную статистическую ошибку не более 1%. Статистическую ошибку (σ ст.) вычисляют по формуле:

$$\sigma_{\text{ст.х}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст.х}}^2 + \sigma_{\text{ст.с}}^2}, \quad (2)$$

$$\text{где } \sigma_{\text{ст.х}} = \frac{\sqrt{n_x}}{n_x} \cdot 100\%, \quad \sigma_{\text{ст.с}} = \frac{\sqrt{n_s}}{n_s} \cdot 100\%$$

х) При работе с двухканальным рентгенорадиометрическим анализатором характеристическое и рассеянное излучение измеряют одновременно.

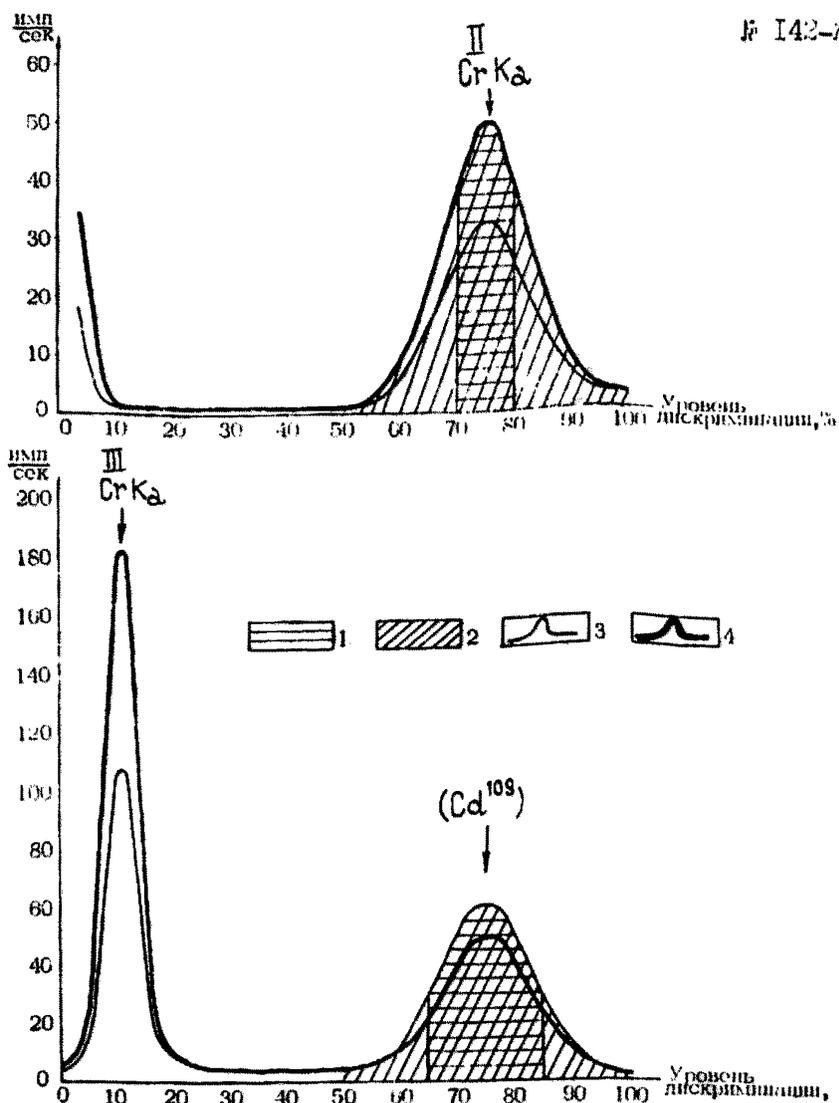


Рис. 1. Аппаратурные спектры проб хромитовой руды (прибор БРА-6, источник первичного излучения Cd^{109} , детектор - ксеноновый пропорциональный счетчик).

II - аппаратурный спектр характеристического излучения хрома, снятый при втором положении переключателя "измерение";

III - аппаратурный спектр характеристического излучения хрома и рассеянного пробой излучения изотопа Cd^{109} , снятый при третьем положении переключателя "измерение".

1 - анализируемая часть спектра при измерениях с шириной окна 10% (II) и 20% (III);

2 - анализируемая часть спектра при измерениях с шириной окна 50%;

3 - проба, содержащая 32,7% Cr_2O_3 и 10,4% FeO ;

4 - проба, содержащая 55,9% Cr_2O_3 и 10,8% FeO .

Суммарная экспозиция измерений характеристического и рассеянного излучений при широком (50%) окне, активности источника 5 милликюри и плотности хромового фильтра $\sim 20 \text{ мг/см}^2$ для БРА-6 составляет около двух минут.

Чтобы сохранить постоянство статистической погрешности анализа, экспозицию измерений по мере распада источника первичного излучения необходимо соответственно увеличивать.

Для исключения случайных ошибок в процессе массовых измерений экспозиция и коэффициент пересчета должны быть постоянными в течение длительного (3-6 месяцев) срока. При выборе их следует руководствоваться условиями обеспечения указанной статистической точности и имеющимися пределами выбора экспозиции.

Показания приборов, соответствующие числу зарегистрированных квантов рентгеновского излучения (n_x) записывают в графу 3 лабораторного журнала (приложение 2); показания, соответствующие числу зарегистрированных квантов рассеянного излучения (n_s) - в графу 4.

4. Построение градуировочного графика

Для градуировки прибора используют 20-30 порошковых проб, представляющих руды изучаемого геологического объекта, с точно установленным химическим анализом содержанием хрома в диапазоне определяемых содержаний (с интервалами $\sim 1\% \text{ Cr}_2\text{O}_3$). Содержание железа в пробах должно соответствовать среднему содержанию железа для руд данного геологического объекта с точностью $\pm 0,5\% \text{ FeO}$. Использование для градуировки искусственных проб и смесей химических реактивов не допускается. Подготовка градуировочных проб к анализу и ход анализа на приборе аналогичны подготовке и анализу исследуемых проб.

По результатам рентгенорадиометрического определения вычисляют значения спектральных отношений (η) и на миллиметровой бумаге строят график зависимости величины η от содержания хрома ($\% \text{ Cr}_2\text{O}_3$) в пробах С (рис. 2) Масштаб графика должен обеспечивать определение с точностью $0,1\% \text{ Cr}_2\text{O}_3$.

При построении графика корреляционной зависимости $\eta = f(c)$, представляющего собой линию, усредняющую результаты анализа градуировочных проб, необходимо следить за тем, чтобы суммы

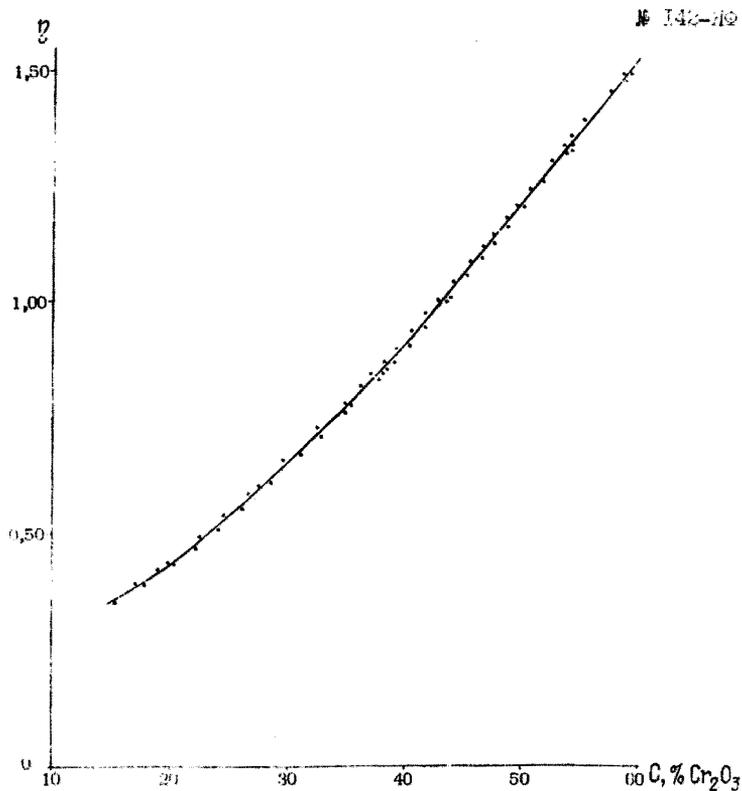


Рис. 2. Градуировочный график (зависимость величины спектрального отношения η от содержания хрома C).

положительных и отрицательных отклонений отдельных точек в $\% \text{Cr}_2\text{O}_3$ были равны. Несоблюдение этого условия ведет к систематической ошибке в результатах анализа.

Сроки повторной и последующих градуировок зависят от стабильности работы прибора.

5. Вычисление результатов анализа

Вычисляют спектральное отношение η по формуле (I). Содержание хрома определяют по предварительно построенному градуировочному графику $\eta = f(C)$. Полученные значения

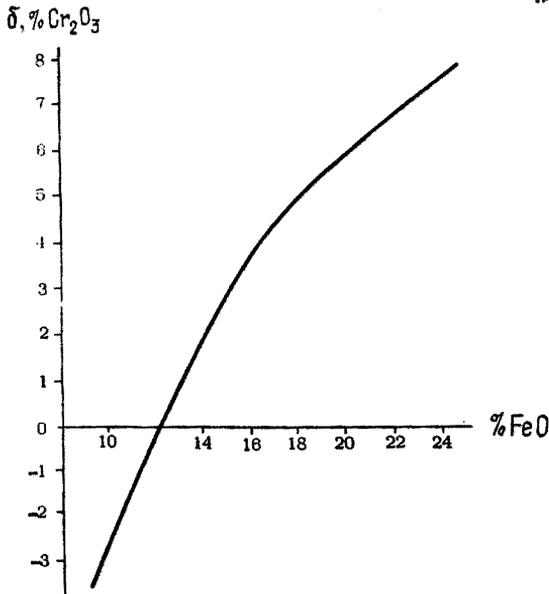


Рис. 3. Вспомогательный график зависимости величины поправки δ от содержания железа.

записывают в графу 6 лабораторного журнала (приложение 2).

При анализе бурых руд, для которых характерно повышенное содержание железа (бурные руды легко диагностируются визуально и имеют ограниченное распространение), а также при выполнении высокоточных анализов в полученные значения вносят поправку на содержание железа. Эту поправку определяют по вспомогательному графику (рис. 3) зависимости величины поправки δ (в % Cr_2O_3) от содержания железа в пробе (% FeO). Содержание железа в пробе определяют рентгенорадиометрическим или химическим методом. Поправку на содержание железа δ вычитают из результатов определения хрома.

6. Построение вспомогательного графика

Для построения вспомогательного графика $\delta = f(C_{\text{Fe}})$ используют 20-30 рудных проб данного месторождения с любыми

точно установленными химическим анализом содержаниями хрома. Содержание железа в этих пробах, также установленное химическими анализами, должно равномерно, с интервалами 0,5% FeO, характеризовать весь возможный диапазон его концентраций. В каждой пробе определяют содержание хрома рентгенорадиометрическим методом и для каждой пробы вычисляют величину δ как разность между содержаниями хрома (в % Cr_2O_3), установленными рентгенорадиометрическим и химическим методами:

$$\delta = c_{pp} - c_x \quad (3)$$

7. Контроль стабильности аппаратуры

Для контроля стабильности аппаратуры определяют содержание хрома в твердых эталонах или в одной из проанализированных порошковых проб. Использование порошковых проб менее надежно, так как их трудно хранить в кюветках. Стабильность аппаратуры контролируется ежедневно перед началом работы и в течение всего рабочего дня через равные промежутки времени, но не реже, чем через час. Результаты измерений вносят в журнал контроля стабильности аппаратуры (приложение 3).

В каждом эталоне многократно (не менее 30 раз) определяют хром рентгенорадиометрическим методом. Содержание хрома в эталоне определяется по градуировочному графику и устанавливается как среднее значение многократных определений. Это значение носит условный характер, так как вещественный состав эталона, его физическое состояние отличны от состава и состояния тех проб, по которым строился градуировочный график.

Критерием стабильности аппаратуры служит величина среднеквадратичного отклонения ($\sigma_{\text{воспр. эт.}}$) определяемого в эталоне содержания хрома. Эта величина характеризует аппаратную воспроизводимость измерений.

Величину $\sigma_{\text{воспр. эт.}}$ вычисляют по формуле:

$$\sigma_{\text{воспр. эт.}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C_{cp} - C_i)^2}{n-1}}, \quad (4)$$

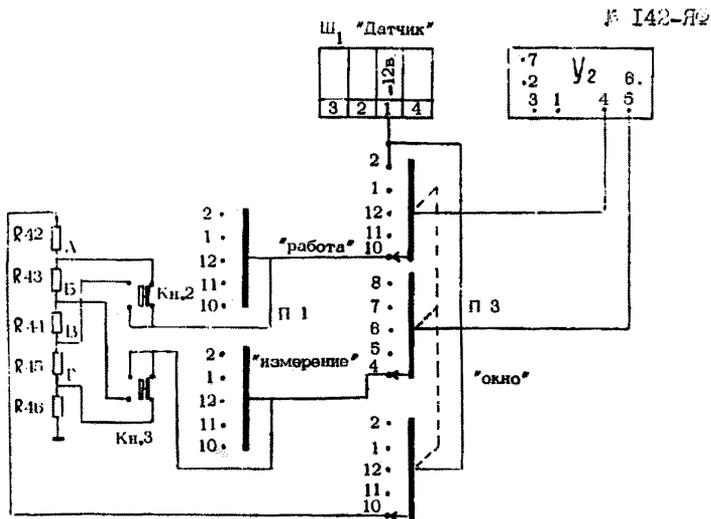


Рис. 4. Схема делителя напряжения для увеличения ширины окна до 50% динамического диапазона в приборе БРА-6.

- где $C_{\text{ср}}$ – среднее содержание хрома в эталоне по данным рентгенорадиометрического анализа, %;
- C_1 – содержание хрома в эталоне по данным i -го рентгенорадиометрического анализа, %;
- n – число определений хрома в эталоне.

При нормальной работе аппаратуры среднее значение $\bar{C}_{\text{воспр. эт.}}$ вычисленное не менее, чем по тридцати измерениям, не должно превышать $\pm 0,35\% C_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$. Нормальное отклонение результата единичного определения содержания хрома в эталоне от среднего значения не должно превышать $\pm 1,0\% C_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$. Если отклонение составляет $\pm 1,0\% C_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$ или более, следует проконтролировать настройку и при необходимости снова настроить прибор. Если после настройки прибора при новых измерениях содержания хрома в эталоне несколько раз получаются отклонения более $1,0\% C_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$, необходимо проверить исправность прибора и сохранность эталона. Прибор считается исправным, если при 30 измерениях эталона в 20 случаях отклонение не превышает $\pm 0,35\% C_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$, а отклонение более $1,0\% C_{\text{Cr}_2\text{O}_3}$ встретится не более одного раза.

Для проверки сохранности эталона сравнивают отклонения для этого эталона с отклонениями для других, ранее проанализированных эталонов или проб.

После обнаружения и устранения неисправностей, а также после смены пропорциональных счетчиков, замены источников излучения, изменения их размещения и других операций, связанных с изменением геометрических условий измерения, прибор снова градуируют.

8. Оценка точности и контроль качества рентгенорадиометрического анализа

Точность рентгенорадиометрического определения оценивают по величине расхождения между данными первичного и повторного определения и между данными химического и рентгенорадиометрического определения.

Повторное рентгенорадиометрическое определение выполняют для проверки стабильности аппаратуры и качества работы оператора.

Контрольный химический анализ, помимо аппаратурной ошибки и качества работы оператора, позволяет выявить методическую ошибку рентгенорадиометрического определения.

Число повторных определений, выполняемых для оценки воспроизводимости, и контрольных химических определений устанавливается согласно методическим указаниям ИСАМ "Методы лабораторного контроля качества аналитических работ"⁶. Обработка и оценка получаемых данных выполняется согласно этим указаниям.

9. Техника безопасности

При выполнении анализа необходимо соблюдать правила техники безопасности, предусмотренные при работе с радиоактивными источниками^{7,8}.

Литература

1. Бескристалльный рентгеновский анализатор типа БРА-6. Паспорт, техническое описание и инструкция по эксплуатации. Одесса, 1970.

2. Вознесенский Л.И., Очкур А.П., Совцова М.К., Томский И.В. Рентгенорадиометрическое сprobование руд черных металлов. В сб. "Внедрение и направления развития геофизических методов на горных предприятиях" ВЮГЕМ, Белгород, 1972, стр.20-23.

3. Вознесенский Л.И., Томский И.В., Малютин Е.И., Федоров С.Ф., Рентгенофлуоресцентный экспресс-анализ хромитовых руд. Горный журнал № 2. "Недра", 1971, стр. 72-74.

4. Мейер В.А., Нахабцев В.С., Раздельное определение тяжелых элементов в скважинах по характеристическому рентгеновскому излучению. В сб. "Вопросы рудной геофизики", вып. 6, ЛГУ, Л., 1965, стр. 34-42.

5. Мейер В.А., Очкур А.П., Кудрявцев Ю.Н., Леман Е.П., Большиков А.Ю., Нахабцев В.С. Способ спектральных отношений в рентгенорадиометрическом методе изучения элементного состава руд в естественных условиях. В сб. "Вопросы рудной геофизики", вып. 6, ЛГУ, Л., 1965, стр. 68-73.

6. Методы лабораторного контроля качества аналитических работ. Методические указания НСАМ, М., 1975.

7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-69). Атомиздат, М., 1972, стр. 88.

8. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72. Атомиздат, М. 1973, стр. 55.

9. Соколов Г.А. Хромиты урала, их состав, условия кристаллизации и закономерности распространения. Труды института геологических наук АН СССР, вып.97, серия рудных месторождений № 12, изд. АН СССР, 1948, стр. 128.

10. Флуоресцентный рентгенорадиометрический метод определения железа в кварцитовых рудах и в продуктах их переработки. Инструкция НСАМ № 84-ЯФ, Москва, 1969.

11. Циклотронные изотопы. Каталог. Атомиздат, М., 1967, стр. 44

12. Якубович А.Л., Зайцев Е.И., Пржиялговский С.М. Ядерно-физические методы анализа минерального сырья. Атомиздат, М., 1973, стр. 392.

Приложение I

Конструктивные изменения в электронной схеме прибора БРА-6

Для уменьшения влияния нестабильности аппаратуры на результаты измерений целесообразно работать с широким окном (50%). Поскольку в приборе БРА-6 не предусмотрена работа с таким окном, необходимо делитель $R_6 - R_{16}$ (см. рис. 3 в инструкции к прибору¹) заменить делителем $R_{42} - R_{46}$ (см. рис. 4 настоящей инструкции).

При установке переключателя "окно" в положение "работа" (см. рис. 4) на делитель $R_{42} - R_{46}$ подается напряжение 12 в. Величина делителя подобрана такая, чтобы в точках А-Г соответственно возникали потенциалы - 10в; 8,5в; - 6,5 в; -5,0 в. На дискриминирующие диоды D_7 и D_2 нижнего и верхнего порогов (входы 4 и 5 дифференциального дискриминатора Y_2) в этом случае подаются запирающие напряжения - 5,0 в и -10,0 в. Таким образом достигается ширина окна 50% динамического диапазона.

Положение максимума амплитудного спектра импульсов на выходе дискриминатора контролируется с помощью кнопок 2 и 3 ("калибровка"). При нажатии на кнопку 2 на катод диода D_2 подается напряжение смещения - 6,5 в, и показания стрелочного прибора соответствуют числу импульсов с амплитудой от 5,0 до 6,5 в (N_1). При нажатии на кнопку 3 на катод диода D_7 подается напряжение смещения - 8,5 в, и показания стрелочного прибора соответствуют числу импульсов с амплитудой от 8,5 до 10,0 в (N_2). Значения N_1 и N_2 при правильной регулировке усиления должны быть равны.

Для увеличения продолжительности набора необходимо в экспозицию измерений (см. Ход анализа, определение содержания хрома) можно обеспечить, увеличивая постоянную времени заряда конденсатора C_3 ($\tau = R_{12} \cdot C_3$) подбором резистора R_{12} или конденсатора C_3 (см. рис. 8 в инструкции к прибору¹).

Приложение 2

Форма журнала лабораторных измерений

№№ шт	№ пробы	n _x имп.	n _a имп.	ρ	c % Cr ₂ O ₃	δ , % Cr ₂ O ₃ поправка на содержа- ние железа	C % Cr ₂ O ₃ исправленное
1	2	3	4	5	6	7	8
1	18183	104	100	1,04	40,3	0,3	40,0

Приложение 3

Форма журнала контроля стабильности аппаратуры

№№ шт	Дата измере- ния	№ № эталона	Среднее или экв. содерж. C _{ср} % Cr ₂ O ₃	Измеренное со- держ. в эталоне C _i % Cr ₂ O ₃	C _{ср} -C _i	(C _{ср} -C _i) ²	Примечания
1	17.УШ.71	3	42,5	42,0	0,5	0,25	
2		3	42,5	42,4	0,1	0,01	
3		3	42,5	42,1	0,4	0,16	
4	18.УШ.71	3	42,5	41,9	0,6	0,36	
5	19.УШ.71	3	42,5	41,8	0,7	0,49	

Изъятые из употребления инструкции	Заменяющие их инструкции
№ 52 - X } № 53 - X }	№ 103 - X
№ 92 - X	№ 113 - X
№ 90 - X	№ 115 - X
№ 9 - ЯФ	№ 116 - ЯФ
№ 13 - X	№ 119 - X

Заказ № 10, Л-89215, 10/1X 1077г.

Тираж 450

Ротапринт ОЭП ВММСа

К Л А С С И Ф И К А Ц И Я
лабораторных методов анализа минерального сырья по
их назначению и достигаемой точности

Категория анализа	Наименование анализа	Назначение анализа	Точность по сравнению с допусками внутрилабораторного контроля	Коэффициент к допускам
I.	Особо точный анализ	Арбитражный анализ, анализ эталонов	Средняя ошибка в 3 раза меньше допусков	0,33
II.	Полный анализ	Полные анализы горных пород и минералов.	Точность анализа должна обеспечивать получение суммы элементов в пределах 99,5-100,5%	
III.	Анализ рядовых проб	Массовый анализ геологических проб при разведочных работах и подсчете запасов, а также при контрольных анализах.	Ошибки анализа должны укладываться в допуски	I
IV.	Анализ технологических продуктов	Текущий контроль технологических процессов	Ошибки анализа могут укладываться в расширенные допуски по особой договоренности с заказчиком.	I-2
V.	Особо точный анализ геохимических проб	Определение редких и рассеянных элементов и "элементов-спутников" при близких к кларковым содержаниях.	Ошибка определения не должна превышать половины допуска; для низких содержаний, для которых допуски отсутствуют, - по договоренности с заказчиком.	0,5
VI.	Анализ рядовых геохимических проб	Анализ проб при геохимических и других исследованиях с повышенной чувствительностью и высокой производительностью.	Ошибка определения должна укладываться в удвоенный допуск; для низких содержаний, для которых допуски отсутствуют, - по договоренности с заказчиком.	2
VII.	Подколичественный анализ	Качественная характеристика минерального сырья с ориентировочным указанием содержания элементов, применяемая при металлометрической съемке и др. поисковых геологических работах	При определении содержания элемента допускаются отклонения на 0,5-1 порядок.	
VIII.	Качественный анализ	Качественное определение присутствия элемента в минеральном сырье.	Точность определения не нормируется	