

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



Научный совет по аналитическим
методам

Ядерно-физические методы

Инструкция № 152-ЯФ

АЛЮМИНИЙ И КРЕМНИЙ

Москва
1978

выписка из приказа Министра геологии № 496 от 29 октября 1976 г.

4. При выполнении анализов геологических проб применять методы, рекомендованные ГОСТами и Научным советом по аналитическим методам.

Воспроизводимость и правильность результатов анализа руд и горных пород оценивается согласно Методическим указаниям ИСАИИ "Методы лабораторного контроля качества аналитических работ".

Примечание: Размножение инструкций на местах во избежание возможных искажений разрешается только фотографическим или электрографическим способом.

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
Научный Совет по аналитическим методам при ВНИМС

Ядерно-физические методы
Инструкция № 152-ЯФ

АКТИВАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ
И КРЕМНИЯ В БОКСИТАХ С ОБЛУЧЕНИЕМ В
ПОТОКЕ НЕЙТРОНОВ ИЗОТОПНОГО ИСТОЧНИКА

Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья
(ВНИМС)

Москва, 1978

В соответствии с приказом Госгеолкома СССР № 229 от 18 мая 1964 г. инструкция № 152-ИФ рассмотрена и рекомендована Научным советом по аналитическим методам к применению для анализа рядовых проб - Б категория.

(Протокол № 28 от 19 января 1976 г.)

Председатель НСАМ
Председатель Секции
ядерно-физических методов
Ученый секретарь

Г. В. Остроумов
А. Л. Якубович
Р. С. Фридман

Инструкция № 152-ИФ рассмотрена в соответствии с приказом Госгеолкома СССР № 229 от 18 мая 1964г. Научным советом по аналитическим методам (протокол № 28 от 19 января 1976) и утверждена ИИМСом с введением в действие с 1 февраля 1978 г.

АКТИВАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ В БОКСИТАХ С ОБЛУЧЕНИЕМ В ПОТОКЕ НЕЙТРОНОВ ИЗОТОПНОГО ИСТОЧНИКА^{х)}

Сущность метода

Метод нейтронно-активационного определения алюминия и кремния, разработанный В.И. Вариком, В.И. Дрынкиным и Д.И. Лейпунской^{2,3}, заключается в облучении исследуемых проб тепловыми (для активации алюминия) и быстрыми (для активации кремния) нейтронами и измерении радиоактивности изотопа ^{28}Al с периодом полураспада 2,3 минуты, образующегося по реакции $^{27}\text{Al}/n, \gamma / ^{28}\text{Al}$ при активации алюминия тепловыми нейтронами и по реакции $^{28}\text{Si} / n, p / ^{28}\text{Al}$ при активации кремния быстрыми нейтронами.

Для создания соответствующего поля облучения изотопный источник нейтронов (Po-Be, Pu - Be, Am-Be и др.) помещают в активатор (бак с парафином), который выполняет функции замедлителя и отражателя нейтронов, а также радиационной защиты. В активаторе прибора имеются два канала: один для активации преимущественно тепловыми нейтронами (Т-канал), другой, окруженный кадмием, для активации главным образом быстрыми нейтронами (К-канал). Анализируемую пробу облучают в обоих каналах и измеряют наведенную бета-радиоактивность пробы N_K и N_T для К- и Т-каналов:

$$N_K = k_K^{Al} C_{Al} + k_K^{Si} C_{Si} \quad (I)$$

$$N_T = F k_T^{Al} C_{Al} + k_T^{Si} C_{Si},$$

где $k_K^{Al}, k_K^{Si}, k_T^{Al}, k_T^{Si}$ - удельные активности алюминия и кремния для К- и Т-каналов (число импульсов, регистрируемых на

х) Внесена в НСАМ лабораторией прецизионного анализа ВНИИГТ.

(% глинозема или кремнезема), вычисляемые по результатам измерений эталонных проб;

C_{Al}, C_{Si} — содержания глинозема и кремнезема, %;

F — коэффициент самоэкранирования нейтронного потока.

Решив систему двух линейных уравнений, находят содержание алюминия и кремния.

В табл. I приведены основные параметры реакций активации алюминия и кремния, а также возможных сопутствующих реакций активации других элементов, входящих в состав бокситов. Величину наведенной активности бокситовой пробы в основном определяют радиоизотопы, образующиеся при облучении алюминия и кремния нейтронами; вклад других изотопов, как правило, незначителен ввиду малого содержания элементов, из которых они образуются (Mn, Na, Dy)⁸, или малого сечения их активации (Fe, Mg).

Основными мешающими элементами при определении алюминия и кремния являются ванадий и фосфор (при содержании более 1% P и более 0,03% V), в присутствии которых результаты определения завышаются⁶. Если содержание этих элементов превышает указанное, но остается постоянным (колебания в пределах 1% для P и 0,03% для V), можно определять алюминий и кремний, применяя эталонные пробы, близкие по составу к исследуемым, а по содержанию Al_2O_3 и SiO_2 — к стандартным образцам боксита и глинистого сланца.

Чтобы учесть различие в условиях активации проб, вызываемое присутствием в них элементов с большим сечением поглощения тепловых нейтронов (бор, PЗЭ и др.), дополнительно измеряют плотность потока тепловых нейтронов на поверхности пробы (при облучении в T- канале) одновременно с ее облучением или после измерения ее активности: снимают показания детектора тепловых нейтронов при положении в позиции облучения пробы ($J_{пр}$), навески Al_2O_3 (J_0) и кассеты, наполненной карбидом бора ($J_{ф}$). Вычисляют так называемый "измеренный" коэффициент самоэкранирования ($F_{изм}$), характеризующий депрессию потока нейтронов в окрестности пробы ($F_{изм} = \frac{J_{пр} - J_{ф}}{J_0 - J_{ф}}$). Для определения истинного коэффициента самоэкранирования пробы (F) экспериментально определяют его зависимость от $F_{изм}$.

Таблица I

Реакции активации, проходящие при облучении бокситовой пробы в поле нейтронов
изотопного источника

Эле- мент	Реакция активации	Период полураспада	Сечение активации б/грн	Характеристика излучения		Среднее содер- жание элемента в окси- дах, % I	Кол-во Al и Si экви- валентное среднему содержанию мешающе- го элемента, %	
				E _β , Мэв	E _γ , Мэв		Al ₂ O ₃	SiO ₂
Al	$^{27}\text{Al}/n, \gamma / ^{28}\text{Al}$	2,3 мин	0,210	2,87	1,78	-	-	-
Si	$^{28}\text{Si}/n, p / ^{28}\text{Al}$	2,3 мин	0,220 ^{x)}	2,87	1,78	-	-	-
P	$^{31}\text{P}/n, \alpha / ^{28}\text{Al}$	2,3 мин	0,146 ^{x)}	2,87:	1,78	0,13	-	0,04
Mn	$^{55}\text{Mn}/n, \gamma / ^{56}\text{Mn}$	2,58 часа	13,2	2,86-1,05; 0,75	0,845; 1,81; 2,13	0,08	0,08	-
Fe	$^{56}\text{Fe}/n, p / ^{56}\text{Mn}$	2,58 часа	0,1 ^{x)}	2,86-1,05; 0,75	0,845; 1,81; 2,13	10,0	-	-
V	$^{51}\text{V}/n, \gamma / ^{52}\text{V}$	3,8 мин	4,5	2,60	1,44	0,062	0,6	-
Mg	$^{26}\text{Mg}/n, \gamma / ^{27}\text{Mg}$	10 мин	0,027	1,75; 1,59	0,84; 1,02	1,00	-	-
Al	$^{27}\text{Al}/n, p / ^{27}\text{Mg}$	10 мин	0,079 ^{x)}	1,75; 1,59	0,84; 1,02	-	-	-
Na	$^{23}\text{Na}/n, p / ^{23}\text{Ne}$	37,5 сек	0,034 ^{x)}	4,4; 3,95	0,44	0,08	-	0,05
Dy	$^{164}\text{Dy}/n, \gamma / ^{165}\text{Dy}$	1,25 мин	2,08	0,87	0,108; 0,360	0,001	-	-

x) Для энергии нейтронов 14,5 Мэв.

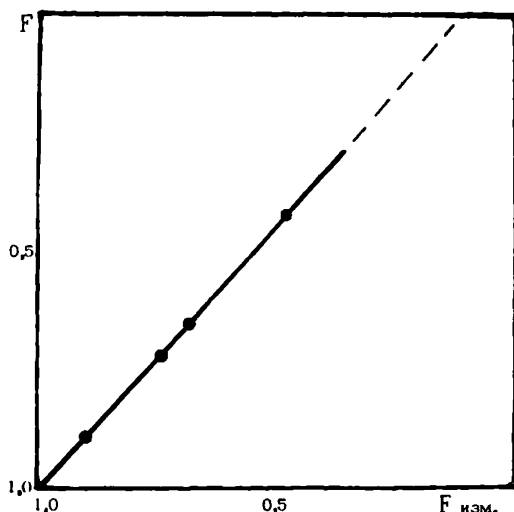


Рис. I. График для определения истинного коэффициента самоэкранирования пробы.

Для этого определяют наведенную активность N_0 навески Al_2O_3 (30–40 г) при облучении в стандартном режиме.

Последовательно, пятью-шестью порциями по 120–150 мг добавляют к этой навеске борную кислоту и после каждого добавления определяют наведенную активность (N_1) облученной навески получаемой смеси. После каждого измерения вычисляют истинный коэффициент самоэкранирования $F = \frac{N_1}{N_0}$. Одновременно определяют $F_{\text{изм.}}$, снимая показания детектора тепловых нейтронов. По полученным данным строят график зависимости $F = f(F_{\text{изм.}})$, по которому в дальнейшем, определив $F_{\text{изм.}}$ для исследуемой пробы, находят величину истинного коэффициента F (рис. I).

Методика опробована на бокситах основных промышленных типов месторождений СССР и на стандартных образцах бокситов.

Методика рекомендуется для определения алюминия и кремния в бокситах и вмещающих их породах по III категории при содержании Al_2O_3 от 20 до 60% и SiO_2 от 2 до 30%.

При однократных измерениях расхождения между повторными определениями алюминия укладываются в допустимые расхождения "Инструкции по внутрилабораторному контролю точности (воспроизводимости) результатов рядовых количественных анализов минерального сырья"⁵. Для точного определения кремния при содержании SiO_2 менее 10% необходимо двукратное измерение (двукратное облучение пробы в К- канале активатора).

В табл. 2 даны допустимые расхождения для алюминия и кремния.

В табл. 3 приведены расхождения между повторными определениями алюминия и кремния по данным авторов инструкции.

Реактивы и материалы

1. Борная кислота (H_3BO_3)
2. Окись алюминия ч.д.а.
3. Карбид бора, 100 г
4. Эталоны. В качестве эталона по алюминию используют СОС бокситов (356-73, 357-73 и др.), а при большом содержании в исследуемых пробах ванадия ($\geq 0,03\%$) - бокситовую пробу

Таблица 2

Допустимые расхождения⁶

Определяемые содержания, %	Допустимые расхождения, отн. % (Ддоп)
	<u>Al_2O_3</u>
50 - 59,99	3,5
40 - 49,99	4,5
30 - 39,99	6,0
20 - 29,99	8,0
	<u>SiO_2</u>
20 - 29,99	5,4
10 - 19,99	9,0
5 - 9,99	14,0
2 - 4,99	19,0

Таблица 3

Расхождения между повторными определениями
по данным авторов

Содержание, %	!Фактические расхождения! ! отн. % (D эксп.)	Запас точности ! (D доп / D эксп.)
50 - 59,99	<u>Al₂O₃</u> 3,6	0,97
40 - 49,99	3,9	1,15
30 - 39,99	3,9	1,54
20 - 29,99	3,9	2,05
20 - 29,99	<u>SiO₂</u> 1,3	4,15
10 - 19,99	3,7	2,54
5 - 9,99	19,0	0,74
2 - 4,99	19,0	1,00

изучаемого месторождения с надежно установленным (с точностью I категории Классификации методов анализа) содержанием алюминия и кремния. В качестве эталона по кремнию используют СОС глинистого сланца ТВ (ГДР), а при большом содержании фосфора ($\geq 1\%$) - рудную пробу изучаемого месторождения с содержанием глинозема порядка 10-30% и кремнезема - 30-50%.

Аппаратура и оборудование

1. Нейтронная активационная установка "Нейтрон-2М"х), в комплект которой входит блок бета-детекторов, измерительный пульт с блоком питания и активатор (рис. 2 и 3).

2. Изотопный источник нейтронов плутониево-бериллиевый ИБН-II с выходом $2 \cdot 10^7$ нейтрон/сек или полониево-бериллиевый с выходом $2-3 \cdot 10^7$ нейтрон/сек.

3. Сцинтилляционный детектор тепловых нейтронов с люминофором типа Т-2.

4. Пересчетный прибор ПП-16 или др.

5. Лабораторные технические весы.

6. Секундомеры 2 шт.

х) можно использовать также анализатор боксита производства ВНР при условии мониторингирования нейтронного потока на поверхности пробы.

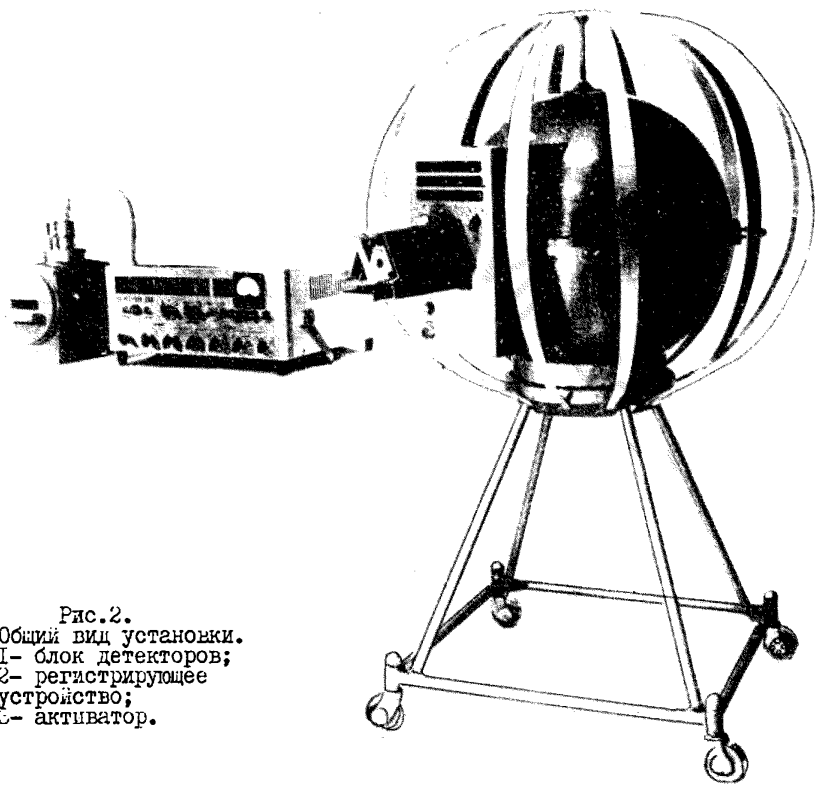


Рис. 2.
Общий вид установки.
1- блок детекторов;
2- регистрирующее
устройство;
3- активатор.

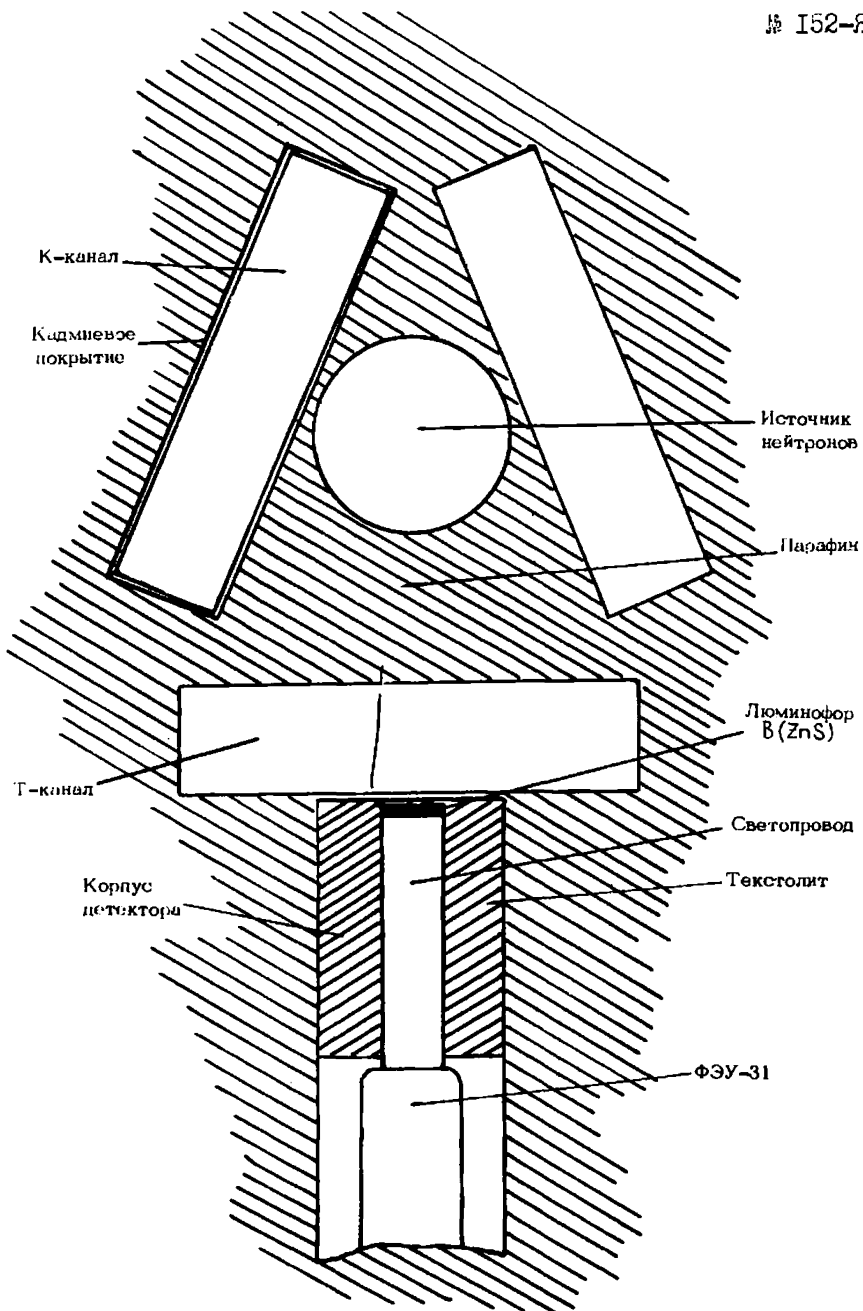


Рис. 3. Схема расположения в активаторе каналов облучения и детектора тепловых нейтронов.

Ход анализа

I. Подготовка проб

Воздушно-сухую пробу делят на две части (по $50 \pm 0,5$ г),сыпают в кассеты и уплотняют специальным пестиком, чтобы крышка не выступала за верхний срез кассеты. Таким же образом подготавливают и эталонные пробы.

2. Подготовка прибора к работе

Прибор настраивают в соответствии с прилагаемой к нему⁴ инструкцией: определяют оптимальное положение дискриминаторов обоих счетных каналов и проверяют независимость скорости счета в одном канале от скорости счета в другом. Взаимное влияние счетных каналов проверяют при максимально возможной загрузке (активность пробы, соответствующая 100%-ному содержанию Al_2O_3 при ее облучении в Т-канале до насыщения, т.е. в течение 15-20 минут). Величина взаимного влияния не должна превышать статистической погрешности в скорости счета натурального фона.

Наведенную бета-активность пробы измеряют с помощью четырех соединенных попарно счетчиков СБТ-10^х, составляющих блок детекторов. Для измерения плотности потока тепловых нейтронов в Т-канале активатора на поверхности пробы со стороны, противоположной источнику, располагают сцинтилляционный детектор, сочлененный с фотоумножителем; импульсы с фотоумножителя через усилитель поступают на измерительный пульт или на дополнительный пересчетный прибор. Для определения фона детектора нейтронов (J_{ϕ}) на позицию облучения в Т-канал активатора помещают кассету, наполненную карбидом бора^{хх}).

3. Определение содержания алюминия и кремния

Две навески пробы помещают в блок детекторов и измеряют их естественную радиоактивность (N_{ϕ}) в течение четырех минут. В это же время в течение трех минут снимают показания детектора нейтронов (J_0), используя пересчетный прибор

х) Можно использовать счетчик СИ-8Б.

хх) При использовании полониево-бериллиевого источника нейтронов величину J_{ϕ} определяют ежедневно.

ПП-16. Затем обе навески в кассетах помещают в специальные полости направляющих каналов активатора и одновременно задвигают направляющие до упора: одна проба поступает на облучение в Т-канал, другая - в К-канал. Пробы облучаются в течение пяти минут. Одновременно с облучением в течение трех минут снимают показания детектора тепловых нейтронов ($J_{пр}$). По окончании облучения кассеты одновременно извлекают из активатора и переносят в блок детекторов. Через 30 сек. после окончания облучения измеряют активность облученных навесок пробы (N'_T и N'_K) в течение четырех минут. Полученные данные (N_{ϕ} в обоих счетных каналах, N'_K , N'_T , $J_{пр}$, J_0) вносят в оперативный журнал (табл.4). Естественную радиоактивность навески и ее наведенную активность следует измерять в одном и том же счетном канале.

Аналогичным образом измеряют активность эталонных проб. Чтобы получить более точные значения удельных активностей, эталонные пробы измеряют дважды - в начале и в конце рабочего дня - и усредняют результаты.

4. Вычисление результатов анализа

Содержание алюминия и кремния в пробе находят по формулам:

$$C_{Al} = \frac{N_T K_K^{Si} - N_K K_T^{Si}}{\Delta K} \quad (2)$$

$$C_{Si} = \frac{F N_K K_T^{Al} - N_T K_K^{Al}}{\Delta K},$$

где $\Delta K = F K_T^{Al} K_K^{Si} - K_K^{Al} K_T^{Si}$,

где C_{Al} - содержание Al_2O_3 в исследуемой пробе, %;

C_{Si} - содержание SiO_2 в исследуемой пробе, %;

N_T - число зарегистрированных импульсов после облучения пробы в Т-канале ($N_T = N'_T - N_{\phi}$);

N_K - число зарегистрированных импульсов после облучения пробы в К-канале ($N_K = N'_K - N_{\phi}$);

F - истинный коэффициент самоэкранирования пробы;

K_T^{Si} , K_K^{Al} - удельные активности кремния и алюминия при облучении пробы в Т-канале ;

K_K^{Si} , K_K^{Al} - удельные активности кремния и алюминия при облучении пробы в К-канале.

Значения удельных активностей K_T^{Si} , K_T^{Al} , K_K^{Si} , K_K^{Al} вычисляются на основании измерения двух эталонных проб - бокситовой пробы и сланца;

$$K_T^{Si} = \frac{F_B N_T^C C_{Al}^B - F_C N_T^C C_{Al}^C}{F_B C_{Si}^C C_{Al}^B - F_C C_{Al}^C C_{Si}^B}$$

$$K_T^{Al} = \frac{N_T^B C_{Si}^C - N_T^C C_{Si}^B}{F_B C_{Si}^C C_{Al}^B - F_C C_{Al}^C C_{Si}^B} \quad (3)$$

$$K_K^{Si} = \frac{N_K^C C_{Al}^B - N_K^B C_{Al}^C}{C_{Al}^B C_{Si}^C - C_{Si}^B C_{Al}^C}$$

$$K_K^{Al} = \frac{N_K^B C_{Si}^C - N_K^C C_{Si}^B}{C_{Al}^B C_{Si}^C - C_{Si}^B C_{Al}^C}$$

где N_T^B , N_K^B , N_T^C , N_K^C - число зарегистрированных импульсов после облучения эталонных проб в каналах Т и К;

F_B , F_C - истинные коэффициенты самоэкранирования для эталонных проб;

C_{Al}^B - содержание глинозема в бокситовой пробе, %;

C_{Si}^B - содержание кремнезема в бокситовой пробе, %;

C_{Al}^C - содержание глинозема в сланце, %;

C_{Si}^C - содержание кремнезема в сланце, %

При работе с полоний-бериллиевым источником нейтронов значения удельных активностей К рассчитывают по формуле

$$K_i = K_i^0 e^{-\frac{0,693}{158} t}$$

где K_i^0 - значение коэффициента в день измерения активности эталонной пробы;

K_i - значение коэффициента спустя t дней.

При работе с плутониево-бериллиевым источником нейтронов и при постоянной чувствительности измерительной аппаратуры значения удельных активностей рассчитывают однократно.

Форма записи результатов измерений

№ п/п	№ пробы	К - канал					Т - канал					J _Ф	J ₀	J _{пр}	J _{изм} = $\frac{J_{пр} - J_{Ф}}{J_0 - J_{Ф}}$	Р
		№ кассет	N _Ф	N _К	$\frac{N_K - N_{Ф}}{N_K}$	№ кассет	N _Ф	N _Т	$\frac{N_T - N_{Ф}}{N_T}$							
1	СОС 356-73 6	I390	2I8I0	20420	7	I360	8780	7420	30900	205500	I95200	0,943	0,94I			
2	СОС ТВ 8	I750	I4770	I3020	9	I730	I9950	I8220	308I0	205320	I94950	0,944	0,942			
3	6I22 I4	I540	24490	22950	I5	I580	8730	7I50	30960	2049I0	I89400	0,9I2	0,90I			

Пример расчета содержания Al_2O_3 и SiO_2 в исследуемой пробе

I. Расчет удельных активностей (формула 3)

356-73 - эталонная проба по Al_2O_3 ; содержит 40,66% Al_2O_3 и II,19% SiO_2 .

ТВ - эталонная проба по SiO_2 ; содержит 20,60% Al_2O_3 и 60,24% SiO_2 .

$$K_T^{Al} = \frac{20420 \cdot 60,24 - I3020 \cdot II,19}{60,24 \cdot 40,66 \cdot 0,94I - 20,60 \cdot II,19 \cdot 0,942} = 5I9,4; \quad K_K^{Al} = \frac{7420 \cdot 60,24 - I8220 \cdot II,19}{60,24 \cdot 40,66 - 20,60 \cdot II,19} = I09,5;$$

$$K_T^{Si} = \frac{I3020 \cdot 40,66 \cdot 0,94I - 20420 \cdot 20,60 \cdot 0,942}{60,24 \cdot 40,66 \cdot 0,94I - 20,60 \cdot II,19 \cdot 0,942} = 48,8; \quad K_K^{Si} = \frac{I8220 \cdot 40,66 - 7420 \cdot 20,60}{60,24 \cdot 40,66 - 20,60 \cdot II,19} = 265;$$

II. Расчет содержания Al_2O_3 и SiO_2 (формула 2)

$$C_{Al} = \frac{22950 \cdot 265 - 7I50 \cdot 49,1}{5I9,265 \cdot 0,90I - I09,1 \cdot 49,1} = 48,4\%;$$

$$C_{Si} = \frac{7I50 \cdot 5I9,0,90I - 22950 \cdot I09,1}{5I9,265 \cdot 0,90I - I09,1 \cdot 49,1} = 7,1\%$$

Стабильность работы установки проверяют ежедневно по результатам измерения контрольной пробы. Коэффициенты рассчитывают заново после замены β -счетчика или после ремонта установки.

Форма записи результатов измерений и пример расчета содержания алюминия и кремния в исследуемых пробах даны в табл. 4.

Техника безопасности

При выполнении анализа необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с радиоактивными источниками⁷. Эти вопросы подробно изложены также в инструкции по работе с установкой "Нейтрон-2М".

Литература

1. Бенеславский С.И. Минералогия бокситов. Недра, М., 1974.
2. Варик В.И., Дрынкин В.И., Лейпунская Д.И. Учет влияния изменений вещественного состава при активационном анализе геологических проб с использованием изотопных источников нейтронов. Труды Всесоюзного совещания "Метрология нейтронного излучения на реакторах и ускорителях", т. I, ВНИИЭТРИ, М., 1974.
3. Дрынкин В.И., Лейпунская Д.И. и др. Применение нейтронного активационного анализа в геологии. В сб. "Ядерная физика". Гостоптехиздат, 1960.
4. Инструкция по работе с установкой "Нейтрон-2М".
5. Методы лабораторного контроля качества аналитических работ. Методические указания НСАМ.М., ВИС, 1975.
6. Одновременное определение алюминия и кремния в порошковых пробах бокситов и других алюмосиликатных пород с помощью установки "Нейтрон-2М". Методические указания ОНТИ ВНИИЭТ, М., 1973.
7. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72. М., Атомиздат, 1973.
8. Платформенные бокситы СССР. Под ред. Е.П. Сапожникова. "Наука", 1971.

Изъятые из употребления инструкции	Заменяющие их инструкции
№ 52-Х	№ 103-Х
№ 53-Х	
№ 92-Х	№ 113-Х
№ 90-Х	№ 115-Х
№ 9-ЯФ	№ 116-ЯФ
№ 13-Х	№ 119-Х
№ 107-С	№ 141-С
№ 8-С	№ 150-С

ВНЕСЕНО
 Научным советом по
 аналитическим методам
 I. XII. 1974г.

"УТВЕРЖДАЮ"
 Начальник управления научно-
 исследовательских организаций
 Мингео СССР, член коллегии
 25 декабря 1974г. Н. П. ЛАВЕРОВ

К Л А С С И Ф И К А Ц И Я
 ЛАБОРАТОРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Кате- гория	Наименование анализа	Воспроизводимость методов анализа	Коэффициент к допустимому среднеквадратичному откло- нению
К о л л е с т в е н н ы й а н а л и з	I Особо точный анализ	Среднеквадратичное отклонение результатов определения должно быть в три раза меньше допустимого среднеквадратичного отклонения, регламентируемого инструкцией внутрилабораторного контроля (см. Приложение)	0,33
	II Полный анализ	Среднеквадратичные отклонения результатов определения отдельных компонентов не должны превышать допустимых среднеквадратичных отклонений	I
		Сумма компонентов, если определены все компоненты при содержании каждого выше 0,1%, должна лежать в интервале $99,5 \pm 1,50\%$	
		Сумма компонентов, если определены все компоненты при содержании каждого выше 0,01%, должна лежать в интервале $99,9 \pm 1,50\%$	
		Среднеквадратичные отклонения результатов определения главных (содержание более 5%) компонентов должны быть в три раза меньше допустимого среднеквадратичного отклонения	0,33
	III Анализ рядовых проб	Среднеквадратичные отклонения результатов определения отдельных компонентов не должны превышать допустимых среднеквадратичных отклонений	I
		Среднеквадратичные отклонения результатов определения отдельных компонентов не должны превышать допустимого среднеквадратичного отклонения	I
	IV Анализ технологических продуктов	Сумма компонентов, если определены все компоненты при содержании каждого выше 0,1%, должна лежать в интервале $99,5 \pm 0,80\%$	
		Сумма компонентов, если определены все компоненты при содержании каждого выше 0,01%, должна лежать в интервале $99,9 \pm 0,80\%$	
	V Особо точный анализ геохимических проб	Среднеквадратичное отклонение результатов определения не должно превышать допустимых среднеквадратичных отклонений	I
Среднеквадратичные отклонения результатов определения должны быть в два раза меньше допустимых среднеквадратичных отклонений		0,5	
VI Анализ рядовых геохимических проб	Среднеквадратичные отклонения результатов определения не должны превышать удвоенную величину допустимого среднеквадратичного отклонения	2	
VII Полуколичественный анализ		Воспроизводимость определения 4-10 цифр (интервалов) на один порядок содержания с доверительной вероятностью 68%	
VIII Качественный анализ		Точность определения не нормируется	

*) См. Методические указания "Методы лабораторного контроля качества аналитических работ", И. ВИС, 1975 г.