

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 НСАМ "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-ЯФ 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 НИИЯПТ.

1% 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 1

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

Эле- мент	Реакция активации	Период полураспада	Сечение активации б/ри	Характеристика излучения		Среднее содер- жание элемента в бокси- тах, %	Кол-во Al и Si экви- валентное среднему содержанию мешающе- го элемента, %	
				Е _β , Мэв	Е _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.

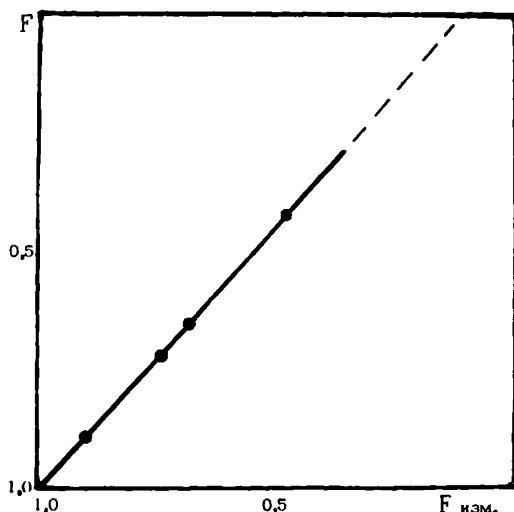


Рис. I. График для определения истинного коэффициента самоэкранирования пробы.

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. % ($\Delta_{\text{доп}}$)
<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. % (\bar{D} эксп.)	Запас точности ! (\bar{D} доп / \bar{D} эксп.)
		<u>Al_2O_3</u>	
50	- 59,99	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
		<u>SiO_2</u>	
20	- 29,99	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 ИЕН-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.

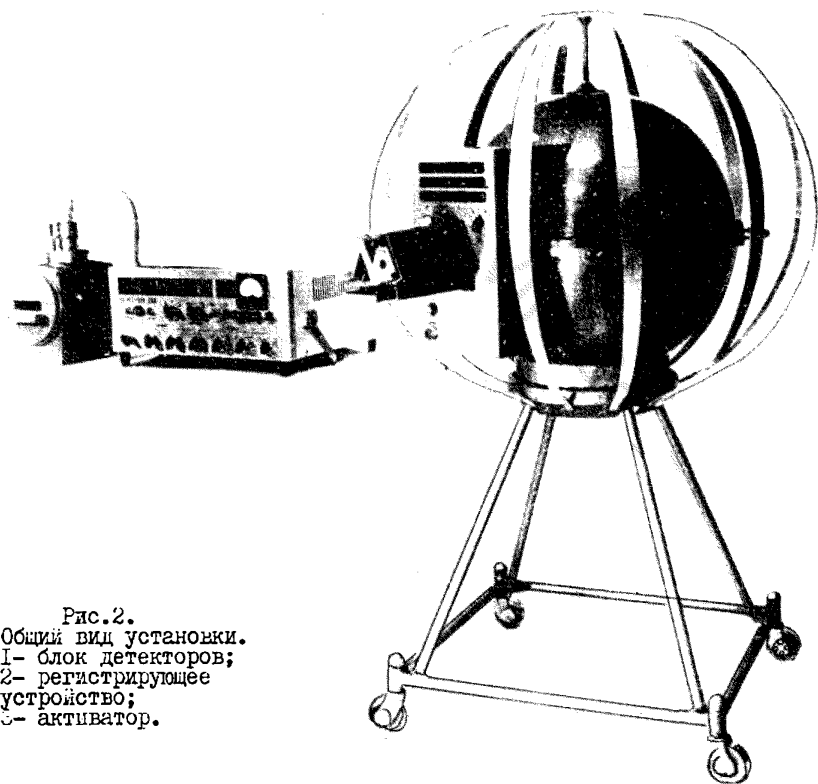


Рис.2.
Общий вид установки.
1- блок детекторов;
2- регистрирующее
устройство;
3- активатор.

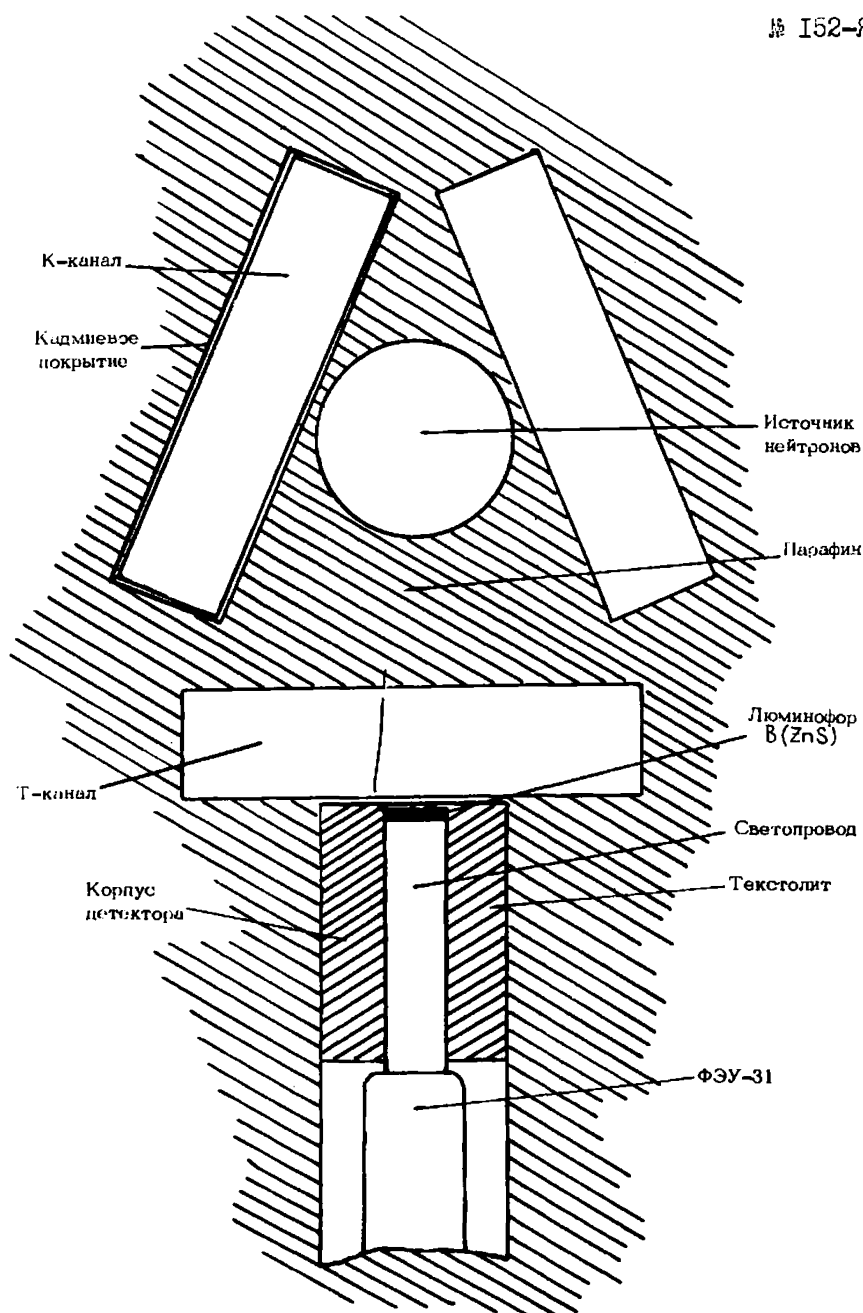


Рис. 3. Схема расположения в активаторе каналов облучения и детектора тепловых нейтронов.

Ход анализа

I. Подготовка проб

Воздушно-сухую пробу делят на две части (по $50 \pm 0,5$ г), всыпают 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 СВТ-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:

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

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

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

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;

$$\begin{aligned} K_T^{Si} &= \frac{F_B N_T^C C_{Al}^B - F_C N_T^B C_{Al}^C}{F_B C_{Si}^C C_{Al}^B - F_C C_{Al}^C C_{Si}^B} \\ K_T^{Al} &= \frac{N_T^B C_{Si}^C - N_T^C C_{Si}^B}{F_B C_{Si}^C C_{Al}^B - F_C C_{Al}^C C_{Si}^B} \\ K_K^{Si} &= \frac{N_K^C C_{Al}^B - N_K^B C_{Al}^C}{C_{Al}^B C_{Si}^C - C_{Si}^B C_{Al}^C} \\ K_K^{Al} &= \frac{N_K^B C_{Si}^C - N_K^C C_{Si}^B}{C_{Al}^B C_{Si}^C - C_{Si}^B C_{Al}^C}, \end{aligned} \quad (3)$$

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 самозранирования 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 _о	J _{пр}	J _{изм} = $\frac{J_{пр} - J_{ф}}{J_{о} - J_{ф}}$	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 .

$$K_T^{Al} = \frac{20420 \cdot 60,24 - I3020 \cdot II,19}{60,24 \cdot 40,66 \cdot 0,94I - 20,60 \cdot II,19 \cdot 0,942} = 5I9,4; \quad K_K^{Al} = \frac{7420 \cdot 60,24 - I8220 \cdot II,19}{60,24 \cdot 40,66 - 20,60 \cdot II,19} = IO9,5;$$

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

II. Расчет содержания Al_2O_3 и SiO_2 (формула 2)

$$C_{Al} = \frac{22950 \cdot 265 - 7I50 \cdot 49,1}{5I9 \cdot 265 \cdot 0,90I - IO9,1 \cdot 49,1} = 48,4\%; \quad C_{Si} = \frac{7I50 \cdot 5I9 \cdot 0,90I - 22950 \cdot IO9,1}{5I9 \cdot 265 \cdot 0,90I - IO9,1 \cdot 49,1} = 7,1\%$$

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, НИИЯТРИ, 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 НИИЯТ, 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 } № 53-Х }	№ 103-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

РІВНЕНО

Научным советом по

I. XII. 1974г.

"УТВЕРЖДАЮ"

Начальник управления научно-

исследовательских организа

25 декабря 1974г.

Н. П. ДАВЕРОВ

К Л А С С И Ф И К А Ц И Я

ЛАБОРАТОРНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Категория	Наименование анализа	Воспроизводимость методов анализа	Коэффициент к допустимому среднеквадратичному отклонению
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 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 Среднеквадратичные отклонения результатов определения отдельных компонентов не должны превышать допустимого среднеквадратичного отклонения 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 $99,9 \pm 0,80\%$	I
III	Анализ рядовых проб	Среднеквадратичное отклонение результатов определений не должно превышать допустимых среднеквадратичных отклонений	I
IV	Анализ технологических продуктов	Среднеквадратичные отклонения результатов определения могут превышать допустимое среднеквадратичное отклонение не более, чем в два раза (по особой договоренности с заказчиком)	I-2
V	Особо точный анализ геохимических проб	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	Полуквалистативный анализ		Воспроизводимость определения 4-10 мкг/г (интервалов) на один порядок осреднения с доверительной вероятностью 68%
VIII	Качественный анализ		Точность определения не нормируется

х) См. Методические указания "Методы лабораторного контроля качества аналитических работ", ИЛ ВВЗ, 1975 г.