

3. Ефименко В. Ф., Можаяев В. К., Дулин В. А. «Атомная энергия», 1975, т. 39, вып. 1, с. 54.
4. Metta D. e.a. «Inorg. and Nucl. Chem.», 1965, v. 27, p. 33.
5. Spiegel V. «Nucl. Sci. and Engng», 1974, v. 53, N 3, p. 326.
6. Шеболев В. Т. и др. «Атомная энергия», 1974, т. 36, вып. 5, с. 399.
7. De Volpi A., Porges L. «J. Inorg. and Nucl. Chem. Lett.», 1969, v. 5, N 2, p. 111.
8. De Volpi A., Porges K. Ibid., N 8, p. 699.
9. Mijnheer B. e.a. «Intern. J. Appl. Rad. and Isotopes», 1973, v. 24, N 3, p. 185.

УДК 621.039.51

Измерение эффективного сечения деления ^{252}Cf нейтронами быстрого реактора

ФОМУШКИН Э. Ф., ГУТНИКОВА Е. К., НОВОСЕЛОВ Г. Ф., ПАНИН В. И.

Высокая радиоактивность изотопов транслютоновых элементов создает значительные трудности при ядерно-физических исследованиях. Использование диэлектрических трековых детекторов позволяет изучать делительные характеристики изотопов с весьма малыми периодами α - и β -распадов в интенсивных n - и γ -полях. Однако спонтанное деление вызывает неустраняемый фон при работе с детекторами любого типа. Чтобы в измерениях сечений деления свести этот фон к минимуму, целесообразно использовать импульсный источник нейтронов высокой интенсивности и систему, обеспечивающую регистрацию осколков только во время нейтронного импульса.

Для измерения сечения деления ^{252}Cf нейтронами быстрого импульсного реактора была изготовлена установка, в которой детектирующая стеклянная пластинка в момент нейтронного импульса под действием пружин перемещалась относительно неподвижных слоев делящегося вещества. Такая методика измерений позволяет на определенном участке детектирующей пла-

стинки получить существенное превышение эффекта над фоном спонтанных делений. Пусть D — диаметр проекции слоя делящегося вещества на поверхность детектора, v — скорость перемещения детектора в момент импульса. Если ширина нейтронного импульса $\Delta t \ll D/v$, то отношение чисел треков от спонтанного и вынужденного делений на отрезке равно

$$n_{\text{сп}}/n = \frac{0,693D}{\sigma_f T_{\text{sf}} \Phi_n v},$$

где Φ_n — флюенс нейтронов за импульс; σ_f — эффективное сечение деления; T_{sf} — период спонтанного деления. В нашем случае $D \approx 0,5$ см, $v \approx 100$ см/с, $\bar{\sigma}_f \approx 10^{-24}$ см², $T_{\text{sf}} = 58,2$ года и $\Phi_n \approx 10^{13}$ нейтр./см²; при этом $n_{\text{сп}}/n \approx 10\%$, что вполне приемлемо для измерений сечения деления. Используемый в измерениях образец калифорния имел следующий изотопный состав: 79,8% ^{252}Cf ; 3,8% ^{251}Cf ; 10,9% ^{250}Cf ; 5,5% ^{249}Cf . Относительная ошибка определения содержания изотопов $^{249-251}\text{Cf}$ была не более 3%.

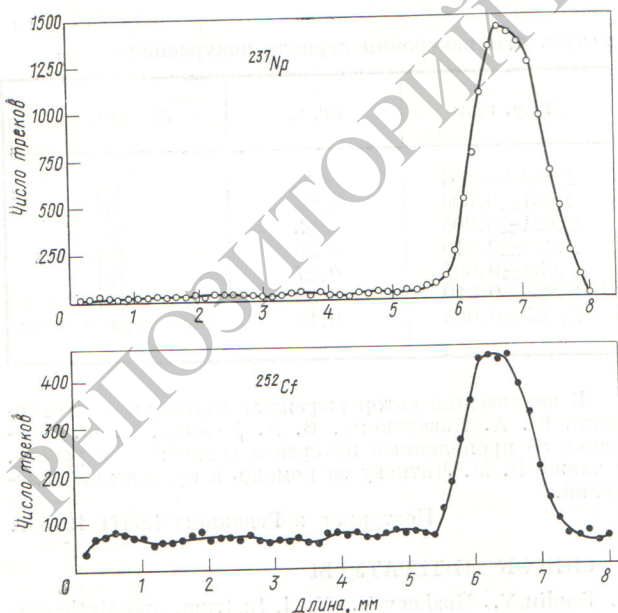
Одновременно со слоем калифорния облучали слой ^{237}Np , который использовался в качестве репера. Распределение треков по длине детектирующей пластинки, полученное в одной из серий измерений, приведено на рисунке. На кривой, соответствующей ^{237}Np , «хвост» слева от пика обусловлен эффектом от запаздывающих нейтронов реактора; «пьеDESTAL» под пиком вынужденных делений калифорния обусловлен спонтанными делениями и эффектом запаздывающих нейтронов. Спектр реакторных нейтронов в наших измерениях был близок к спектру деления и несколько смягчен за счет неупругого рассеяния.

При вычислении эффективного сечения деления ^{237}Np нейтронами импульсного реактора использовались данные [1]. При обработке результатов измерений предполагалось, что эффективные сечения деления ^{249}Cf и ^{251}Cf составляют $2,01 \pm 0,13$ б [2], а ^{250}Cf и ^{252}Cf равны между собой. Найденное в результате измерений эффективное сечение деления ^{252}Cf нейтронами быстрого реактора

$$\bar{\sigma}_f = 1,58 \pm 0,14 \text{ б.}$$

Эта величина в пределах ошибок измерений согласуется с данными [3], полученными с использованием нейтронов ядерного взрыва; для сопоставления результатов кривая $\bar{\sigma}_f(E_n)$ из работы американских авторов усреднялась по спектру нейтронов быстрого реактора.

По сравнению с изученными к настоящему времени более легкими четно-четными ядрами ^{252}Cf имеет наибольшее сечение на первом плато ($\sigma_{f0} \approx 2,5$ б [3]).



Распределение треков по длине детектирующей пластинки

Отношения ширины составного ядра ^{253}Cf для надпороговой области ($\langle G_n/G_f \rangle \approx 0,3$) значительно расходятся с данными имеющихся в настоящее время полуэмпирических систематик [4,5], основанных на свойствах более легких ядер.

Результаты проведенных измерений еще раз подтверждают существенное влияние нейтронной оболочки ($N = 152$) на делительные характеристики тяжелых ядер. Значительное снижение барьеров деления и соответственно увеличение делимости было отмечено для составных ядер ^{248}Cm ($N = 153$) и ^{250}Cm ($N = 154$) [6,7]. По-видимому, аналогичный эффект, т. е. понижение барьеров деления при переходе через оболочку $N = 152$, имеет место и для изотопов калифорния.

Поступило в Редакцию 31/VII 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Davey W. «Nucl. Sci. and Engng», 1968, v. 32, p. 35.
2. Фомушкин Э. Ф. и др. «Ядерная физика», 1971, т. 14, с. 73.
3. Moore M. e.a. «Phys. Rev.», 1971, v. 273, p. 4.
4. Smith H. e.a. Ibid., 1962, v. 125, p. 1329.
5. Sikkeland J. e.a. Ibid., 1968, v. 172, p. 1232.
6. Back B. e.a. Ibid., 1974, v. C9, p. 1924.
7. Фомушкин Э. Ф. и др. «Ядерная физика», 1973, т. 17, с. 24.

УДК 553.068.41

Необычные минеральные ассоциации в зоне окисления бессульфидного уранового месторождения

ЛЕВИН В. Н., БЕЛОВА Л. Н.

Аномальные ассоциации минералов в зоне окисления часто вызывают ошибки в определении типа зоны окисления, а следовательно, и состава первичных руд. Их изучение интересно для ученых, работающих над проблемами закономерностей развития зон окисления и для работников поисково-разведочных партий.

Тесная ассоциация гидроокислов и силикатов урана с гидроокислами железа в зонах окисления бессульфидных урановых месторождений — редкое явление. Широкое развитие гидроокислов железа более присуще зонам окисления сульфидно-урановых месторождений, причем наиболее часто в ассоциации с ними находятся урановые слюдки и значительно реже — перетолженные силикаты. Результаты обработки образцов смолково-карбонатного месторождения, собранные в процессе геологического картирования района, положены в основу настоящего сообщения [1].

Это месторождение сформировалось в субвулканическом интрузиве фельзит-порфиров, который находится в пределах краевого прогиба позднего этапа развития геосинклинальной зоны. Руды месторождения образовались после самых молодых магматических пород района — даек диабазовых и диоритовых порфиров и поэтому не имеют генетической связи с фельзит-порфирами. По-видимому, руды связаны с ними общностью магматического очага. Рудные тела приурочены к зонам крутопадающих меридиональных разрывных нарушений, которые являются основными рудоконтролирующими структурами.

Руды, в которых резко преобладают разновозрастные карбонаты, отличаются сравнительно простым составом.

На месторождении установлены четыре стадии минералообразования.

Арсено-пиритовая стадия проявлена относительно слабо, она образована тонкорассеянной вкрапленностью арсенопирита. Изредка наблюдаются прожилковые скопления арсенопирита с небольшим количеством кварца и серпидита, которые пересекаются карбонатными и карбонатно-смолковыми прожилками.

Анкеритовая стадия развита широко. Она образована жилами желтовато-серого, реже розового анкерита. Мощность жил достигает десятков сантиметров, а протяженность колеблется от нескольких метров до 40—50 м. Помимо анкерита в жилах присутствуют небольшие количества кварца, флюорита и шприта. Анкеритовые жилы рассекаются кальцитовыми и кальцит-смолковыми прожилками.

Кальцит-смолковая стадия также распространена достаточно широко. Преобладающий минерал — кальцит. Кальцит и урановая смолка отлагались из растворов, неоднократно чередуясь и замещая друг друга. Позже урановой смолки выделялся серпидит, нарастающий на смолку в виде фестончатых каемок и заполняющий центральную часть прожилков.

Кварц-карбонатная стадия в пределах интрузива фельзит-порфиров проявлена менее интенсивно по сравнению с двумя предыдущими. Жилы имеют небольшую мощность и отчетливо пересекают кальцит-смолковые прожилки. При этом происходит замещение кальцита доломитом и реже — кварцем.

Таким образом, для урановой смолки типична тесная ассоциация с кальцитом при практически полном отсутствии сульфидов. Все это нашло отражение в зоне окисления, которая относится к гидроокисно-силикатному типу [2]. По урановой смолке образуются каймы свинцово-кальциевых гидроокислов урана (типа вёлсендорфита), сменяющиеся силикатами, главным образом уранофаном, в составе которого заметную роль играет магний. В результате возникают характерные «гумитовые оторочки» желто-оранжевого цвета. В тесной ассоциации с ними находятся глинисто-карбонатные скопления, представляющие собой внутренние зоны метасоматических окolorудных изменений, проработанные процессами окисления. Помимо такого типичного изменения первичных руд на месте наблюдается небольшой вынос и перетолжение урана в виде вторичных минералов урана на расстояние до 10 м. Здесь возникают зеленовато-желтые корочки, представляющие собой смесь перемежающихся тончайших слоев