

энергия линии радия —  $186,215 \pm 0,015$  кэв. Разность составляет  $510 \pm 20$  эв. Таким образом, для их раздельной регистрации требуется спектрометр с разрешением около 500 эв, т. е. спектрометр на основе Ge(Li)-детекторов с охлаждаемым головным каскадом предусилителя.

Поступило в Редакцию 22/VIII 1972 г.  
В окончательной редакции 29/V 1973 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Lederer C., Hollander J. Tables of Isotopes, N. J., Wiley, 1967.
2. Lange R., Hagee G. Nucl. Phys., 1969, v. A124, p. 412.
3. Greenwood R. e.a. Nucl. Instrum. and Methods, 1970, v. 17, p. 141.
4. Helmer R. e.a. Nucl. Instrum. and Methods, 1971, v. 96, p. 173—196.

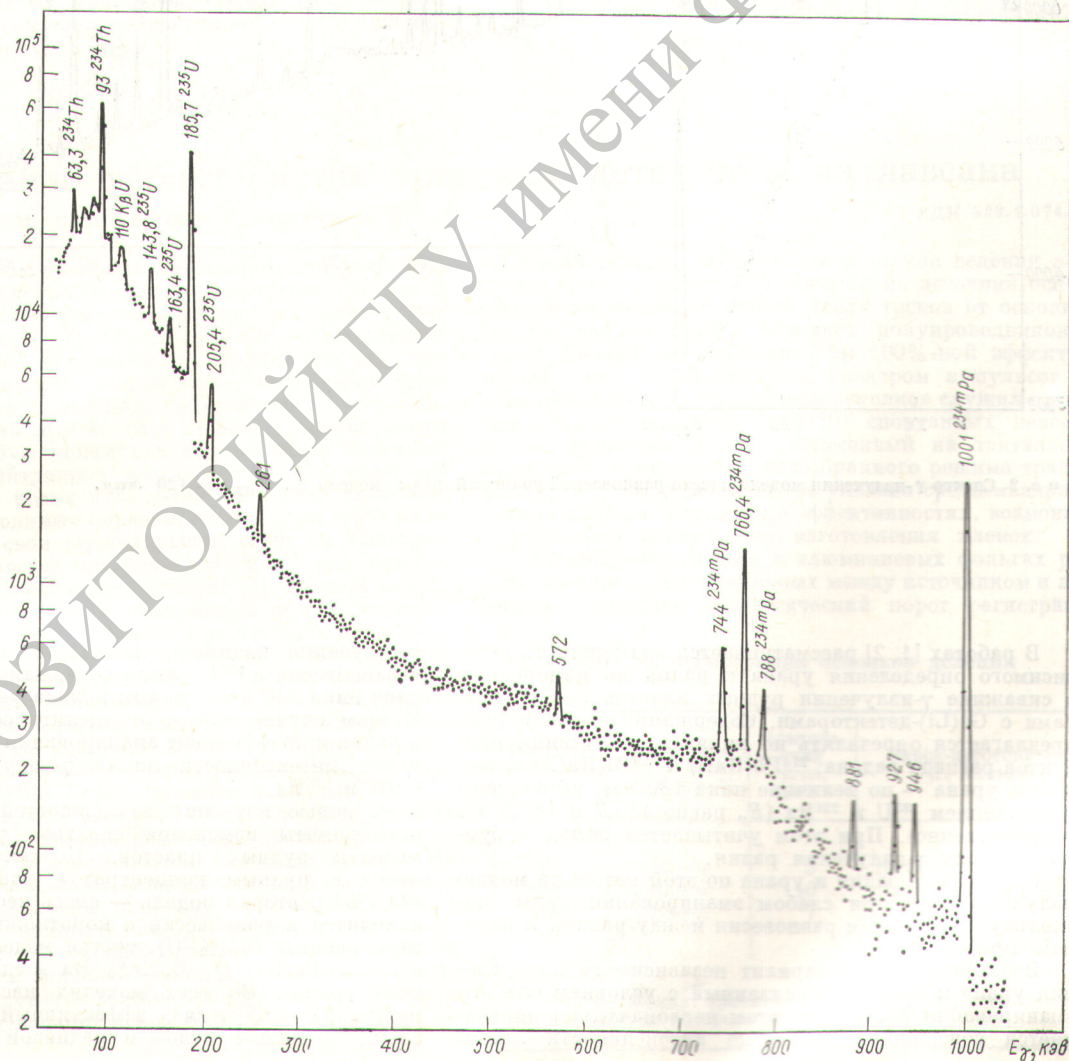
## Возможности определения содержания урана и радия по измерениям гамма-излучения в скважине спектрометром с Ge(Li)-детектором

ГОРБАТЮК О. В., КАДИСОВ Е. М., МИЛЛЕР В. В., ТРОИЦКИЙ С. Г.

УДК 550.8 : 553.495 : 539.122.164

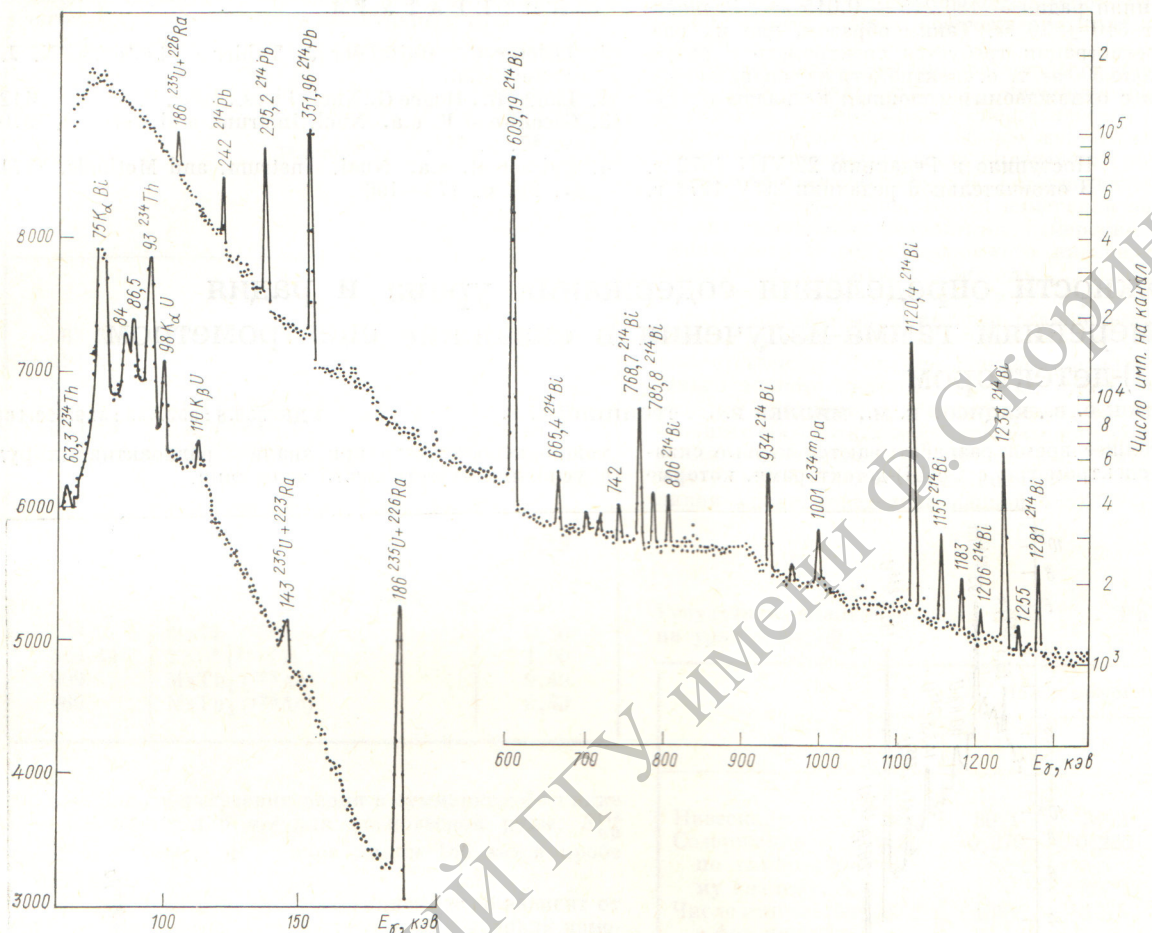
В настоящее время разрабатываются первые скважинные  $\gamma$ -спектрометры с Ge(Li)-детекторами, которые

можно использовать при анализе радиоактивных руд в условиях естественного залегания.



Р и с. 1. Спектр  $\gamma$ -излучения модели пласта урановой руды с выщелоченным радием (модель 2).  $T_{\text{изм}} = 60$  мин.





Р и с. 2. Спектр  $\gamma$ -излучения модели пласта равновесной урановой руды (модель 1).  $T_{изм} = 120$  мин.

В работах [1, 2] рассматривается возможность независимого определения урана и радия по измерениям в скважине  $\gamma$ -излучения рудных пластов спектрометрами с Ge(Li)-детекторами. Содержание радия в руде предлагается определять по линиям  $\gamma$ -излучения продуктов распада радона:  $^{214}\text{Pb}(\text{RaB})$  и  $^{214}\text{Bi}(\text{RaC})$ ; содержание урана — по величине пика 186 кэВ, вызванного  $\gamma$ -излучением  $^{235}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$  ( $E_\gamma$  равно 185,7 и 186,2 кэВ соответственно). При этом учитывается вклад в суммарный пик  $\gamma$ -излучения радия.

Содержание радия и урана по этой методике можно получить лишь при слабом эманировании руды, поскольку нарушением равновесия между радием и радоном пренебрегают.

Возможен другой вариант независимого определения урана и радия, не связанный с условием слабого эманирования руды. При этом первоначально определяется содержание урана по интенсивности линий

$\gamma$ -излучения изотопов, находящихся в рудах всегда в равновесии с  $^{238}\text{U}$ , затем содержание радия по величине пика 186 кэВ с учетом вклада  $\gamma$ -излучения урана. В этом случае можно определить содержание урана и радия и коэффициент эманирования руды путем сравнения интенсивности линий  $\gamma$ -излучения  $^{214}\text{Pb}$  или  $^{214}\text{Bi}$  и  $^{226}\text{Ra}$ .

С целью изучения возможностей такой методики предприняты измерения спектров  $\gamma$ -излучения трех моделей рудных пластов. Первая модель — смесь песка с рудным концентратом равновесного урана (0,05% U), вторая модель — смесь песка с  $\text{U}_3\text{O}_8$ , где U находится в равновесии с короткоживущими продуктами распада (0,3% U), третья модель — смесь песка с солью  $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$  (0,316% Ra в единицах равновесного урана). Во всех моделях насыщенная плотность материала 1,65 г/см<sup>3</sup>, эффективный атомный номер 13,36. Модели с рудой и радиевой солью размером



40 × 40 × 50 см герметизированы. Измерения проведены в скважине, которая проходила в центре модели параллельно ее длинному ребру, и выполнены спектрометром с Ge(Li)-детектором объемом 27 см<sup>3</sup> с энергетическим разрешением на линии <sup>60</sup>Со 1,33 Мэв — 2,5 кэв.

В спектре  $\gamma$ -излучения модели 2 (рис. 1) четко выделяются линии изотопов <sup>234</sup>Th(UX<sub>1</sub>), <sup>235</sup>U(AcU) и <sup>234m</sup>Pa. Измерения в модели 1 (рис. 2) показали, что для аналитических целей следует использовать линию 1001 кэв <sup>234m</sup>Pa, поскольку она не маскируется излучением продуктов распада урана и рассеянным  $\gamma$ -излучением в спектре рудного пласта.

Абсолютная скорость счета в фотопике 1001 кэв составила 21 имп/мин при отношении амплитуды пика к фону 0,67. Аналогичные величины для суммарного пика 186 кэв: 570 имп/мин и 0,56. Чувствительность определения урана по пику 1001 кэв составляет 4,2 имп/мин на 0,01% U.

Порог чувствительности в эксперименте около 0,02% U при 10-минутном измерении. За порог чувствительности принята такая концентрация урана, при которой количество импульсов, зарегистрированных в пике, вдвое превышает среднеквадратическую ошибку определения фона под ним.

Содержание радиоактивных изотопов вычисляют сравнивая площади соответствующих пиков в спектрах, измеренных против рудного пласта, и в эталонной модели с известными содержаниями урана, радия и радона. При этом автоматически учитывается зависимость эффективности детектора от энергии  $\gamma$ -излучения.

Для учета возможного различия поглощения  $\gamma$ -излучения в пласте и эталонной модели в площади соответствующих пиков вводят поправки, которые можно определить, построив кривую отношений площадей пиков от  $\gamma$ -линий продуктов распада радона по измерениям против рудного пласта и на модели. Кривая отношений, экстраполированная к энергии 186 кэв, даст поправочные коэффициенты для пиков 1001 и 186 кэв.

Авторы благодарят Ю. С. Шимелевича и В. Л. Шашкина за полезные советы и участие в обсуждении работы.

Поступило в Редакцию 22/VIII 1972 г.  
В окончательной редакции 29/V 1973 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Барышев Ю. Ф. и др. Препринт ОИЯИ 18-5199, Дубна, 1970.
2. Dumesnil P., Andrieux C. Industr. Atomiques, 1970, № 14, p. 29—40.

## Исследование характеристик трековых детекторов из лавсана

КОРОЛЕВА В. П., САМОВАРОВ В. С., ЧЕРНОВ Л. А.

УДК 539.1.074.88

Среди твердых трековых детекторов для регистрации осколков деления наиболее распространены стекла и слюды. Свойства этих материалов всесторонне изучены в работах [1, 2]. Однако в ряде экспериментов предпочтительнее использовать пленки лавсана (полиэтилентерефталата), обладающие некоторыми преимуществами по сравнению со стеклами и слюдами. Благодаря своей прочности и гибкости пленки могут принимать любую конфигурацию, не внося заметных возмущений нейтронных потоков в тесных решетках реактора, в то время как стекло не всегда возможно изогнуть необходимым образом, а слюда при сгибе из-за трещин теряет свои детектирующие свойства. Содержание урана в лавсане примерно в 10 и 100 раз меньше, чем в стекле и слюде соответственно [3]. Следовательно, практически отсутствует собственный фон от спонтанного и вынужденного деления в нейтронном потоке.

В настоящей работе исследовали детектирующие свойства прозрачных лавсановых пленок отечественного производства толщиной 15, 20 и 35 мк. Облучение проводили в реакторе при плотном наложении лавсана на металлическую урановую фольгу толщиной 0,1 мк. После травления треки осколков рассматривали в микроскопе типа МИМ-7 с увеличением в 130 раз.

На рис. 1, а, б, в показаны треки осколков деления слоя <sup>235</sup>U на лавсане для различных времен травления (для  $t_{\text{трав}} = 6$  ч наблюдаются сквозные треки). На рис. 2—4 представлены зависимости размеров треков от времени травления (для двух растворителей), от температуры и концентрации растворителя. Для всех исследованных пленок наблюдаются близкие свойства при травлении и наиболее четкая картина треков получается при следующем режиме травления: растворитель КОН, его концентрация в воде 30%,  $T = 60^\circ \text{C}$ ,  $t_{\text{трав}} = 4$  ч.

Эффективность регистрации осколков деления лавсаном при его плотном наложении на источник осколков определяли сравнением числа треков от осколков на лавсане со счетом осколков полупроводниковым Au—Si-счетчиком, обладающим 100%-ной эффективностью, что подтверждалось спектром импульсов от осколков деления. Источником осколков служил препарат <sup>252</sup>Cf активностью 2,12·10<sup>4</sup> спонтанных делений в час диаметром 6 мм, нанесенный на танталовую подложку. Результаты для выбранного режима травления приведены в таблице, где указана среднеквадратическая ошибка. Различия в эффективностях, возможно, обусловлено технологией изготовления пленок.

Методом торможения в алюминиевых фольгах разной толщины, расположенных между источником и лавсаном, определен энергетический порог регистрации

### Эффективность регистрации осколков деления лавсаном

Толщина лавсана, мк	Эффективность регистрации, %	Критический угол, град *	Завод-изготовитель (г. Москва)
15	95±4	3	Кусковский Дорогомилловский »
20	83±4	10	
35	88±3	7	

\* Угол между траекторией осколка и поверхностью пленки, меньше которого треки не регистрируются.