

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

2982 / 2-81

15/6-81

18-81-171

Ю.Н.Бурмистенко, Ю.С.Замятнин, Ю.Г.Тетерев

УСТАНОВКА

ДЛЯ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА
С МОЩНЫМ СУРЬМЯНО-БЕРИЛЛИЕВЫМ
ИСТОЧНИКОМ НЕЙТРОНОВ

1981

Результаты наших предварительных расчетных и экспериментальных исследований^{/1,2/} показали несомненную перспективность применения сурьяно-бериллиевых источников нейтронов для активационного анализа состава вещества, в частности, геологических образцов. Установлено, что применение для нейтронно-активационного анализа сурьяно-бериллий-графитовой композиции позволяет получить ряд ценных преимуществ, к числу которых следует отнести:

- мягкий спектр нейтронов, обеспечивающий высокий вклад в резонансную область энергий;
- отсутствие быстрых нейтронов, исключающее возможность протекания интерферирующих реакций;
- весьма низкую стоимость источника^{/3/};
- возможность многократной регенерации активности источника;
- простоту транспортировки /после извлечения источника из бериллиевого блока требуется защита только от γ -излучения/.

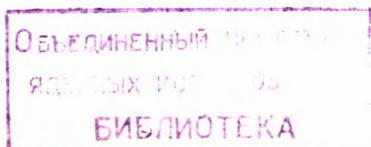
Выполненные нами работы по активации геологических образцов на сурьяно-бериллий-графитовой сборке показали возможность получения высокой чувствительности анализа. В частности, предел определения золота в рудных пробах оценивался величиной $n \cdot 10^{-5} \%$ при активности источника ^{124}Sb порядка $n \cdot 10^2 \text{ Ки}$.

Поскольку результаты работ^{/1,2/} получены на источниках небольшой активности /соответственно 0,42 и 50 Ки/, представляло большой интерес оценить возможности метода на установке, оснащенной источником ^{124}Sb активностью в сотни кюри. Учитывая то обстоятельство, что вопрос транспортировки мощных источников ^{124}Sb пока еще не решен организационно, было принято решение установить нейтронно-активационную сурьяно-бериллий-графитовую сборку в защитной камере горячей лаборатории при ядерном реакторе.

Данная работа посвящена описанию установки и первых результатов, полученных при ее эксплуатации.

1. КОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ

Схема расположения сборки в горячей камере представлена на рис.1. При конструировании сборки были учтены данные по рас-



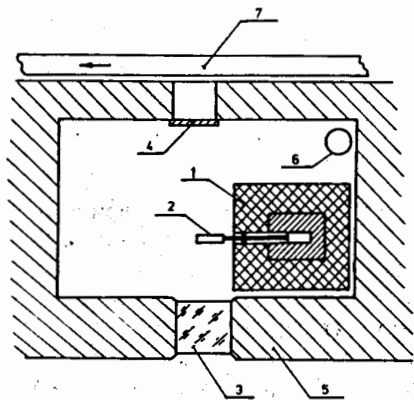


Рис.1. Схема расположения сурьяно-бериллий-графитовой сборки в горячей камере. 1 - бериллий-графитовый куб, 2 - шток с контейнером для источника ^{124}Sb , 3 - смотровое окно, 4 - люк для удаления источника, 5 - защита из тяжелого бетона, 6 - ионизационная камера прибора "Кактус", 7 - транспортер.

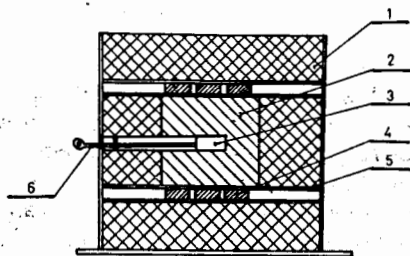


Рис.2. Сурьяно-бериллий-графитовая сборка в разрезе. 1 - графит, 2 - бериллий, 3 - контейнер с источником ^{124}Sb , 4 - активируемые образцы, 5 - кадмиевый фильтр, 6 - шток.

пределению нейтронных потоков, полученные в работах /1,2/. Схематически устройство сборки представлено на рис.2. В состав сборки входят: графитовый куб размерами 710x730x700 мм, внутри которого установлен бериллиевый блок размерами 300x300x300 мм с горизонтальным каналом размерами 40x40 мм. В центре бериллиевого блока размещается контейнер с источником ^{124}Sb , к которому прикреплен шток для извлечения источника из сборки. Внутри бериллиевого блока имеются две горизонтальные щели высотой по 25 мм для размещения активируемых образцов.

На рис.3 представлены контейнер с источником и штоком. Контейнер и крышка изготовлены из алюминия. Источник составной, набран из 5 отдельных блочков, каждый из которых представляет собой цилиндрическую герметичную алюминиевую капсулу диаметром 33 мм, высотой 31,5 мм, внутри которой помещена отливка металлической сурьмы массой 100 г. Каждый блочок облучается в реакторе в отдельном контейнере, затем все 5 блочков доставляются в горячую камеру и с помощью манипулятора укладываются в единый корпус /рис.3/.

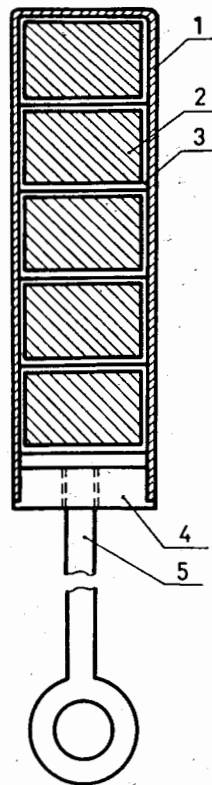


Рис.3. Схема конструкции источника ^{124}Sb . 1 - корпус контейнера, 2 - блочок металлической сурьмы, 3 - оболочка блочка, 4 - крышка контейнера, 5 - шток.

Кюветы, в которых размещаются активируемые образцы, изготовлены из полиэтилена и имеют размеры: диаметр 70 мм, высота 15 мм. Масса порошкового материала, упакованного в кювету, 50-80 г. Перед помещением образцов в сборку они располагаются на поддонах из листового кадмия и накрываются сверху кадмиевым листом. Количество одновременно облучаемых образцов - 18.

На время смены образцов источник извлекается из сборки и с помощью транспортера перемещается в соседнюю защитную камеру.

Для оценки радиационной обстановки в горячей камере и окружающих помещениях установлены датчики микрорентгенометра "Кактус".

2. НАРАБОТКА ИСТОЧНИКОВ ^{124}Sb

Для обеспечения достаточно высокой чувствительности нейтронно-активационного анализа необходимо применять источники с выходом $2 \cdot 10^9 \div 2 \cdot 10^{10}$ нейтр./с. Согласно данным работ /1,2/, такой выход обеспечивается при активности источника ^{124}Sb порядка $10^2 \div 10^3$ Ки. На рис.4 представлены расчетные кривые накопления и распада изотопов сурьмы для плотности потока нейтронов реактора $3 \cdot 10^{13}$ нейтр./см² с и массы металлической сурьмы 500 г. Кривые рассчитаны для работы реактора в непрерывном режиме. Видно, что помимо изотопа ^{124}Sb образуется короткоживущий изотоп ^{122}Sb / $T_{1/2} = 2,8$ дня/, активность насыщения которого составляет 8 кКи. Поэтому для снижения радиационной опасности после окончания облучения сурьмы в реакторе необходима выдержка в течение ~15 суток. Распад ^{124}Sb в течение этого времени следует учитывать при расчете условий активации для достижения требуемой начальной активности. Из данных, представленных на рис.4, следует, что активацию сурьмы целесообразно

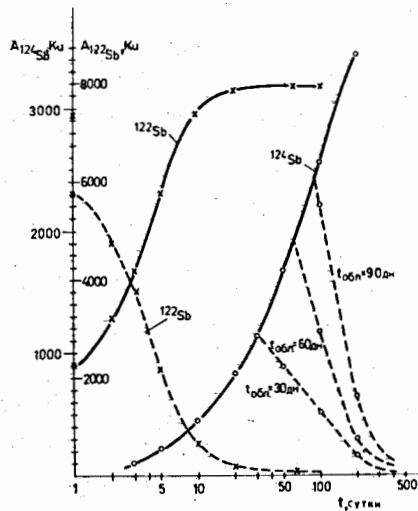


Рис. 4. Накопление и распад изотопов сурьмы.

проводить в течение ~30-50 суток. По окончании этого периода активность источника составит 1100-1700 Ки. После двухнедельной выдержки активность источника упадет до 1000-1500 Ки. Помещенный в бериллиевый конвертор, такой источник обеспечит выход нейтронов порядка $2-3 \cdot 10^{10}$ нейтр./с. После полугодовой эксплуатации активность источника упадет до 120-200 Ки, что обеспечит выход нейтронов порядка $2,5-4 \cdot 10^9$ нейтр./с.

Таким образом, производя замену источника 1 раз в течение полугода, можно обеспечить плотность потока нейтронов на активационной установке в требуемых пределах.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

На описанной выше установке проводились работы по активационному анализу образцов золотосодержащих руд различных месторождений Советского Союза. Эксперименты проводились при начальной активности источников 400 и 300 Ки. В качестве стандартного образца использовался образец РЗС-1 с содержанием золота $52,1 \pm 1$ г/т. Образцы облучались в течение 1-3 суток. Измерения γ -излучения наведенной активности осуществлялись на полупроводниковых спектрометрах с анализаторами типа "Packard", "Plurimat-20". С целью учета неравномерности плотности потока нейтронов в зоне расположения образцов каждый образец облучался совместно с монитором. На рис. 5 представлен один из спектров γ -излучения наведенной активности образца золотосодержащей породы с содержанием золота 2,1 г/т. В спектре выделяются фотопики целого ряда изотопов различных элементов. Оценка предела определения золота показала, что при активности источника ^{124}Sb 400 Ки и временных режимах анализа: облучение 24 ч, выдержка 1 ч, измерение 15 мин, обеспечивается предел определения $0,2$ г/т $2 \cdot 10^{-5}$ %. Результаты анализа паспортизованных проб показали хорошую сходимость с данными пробирного анализа. В настоящее время на установке выполняются регулярные анализы для различных организаций.

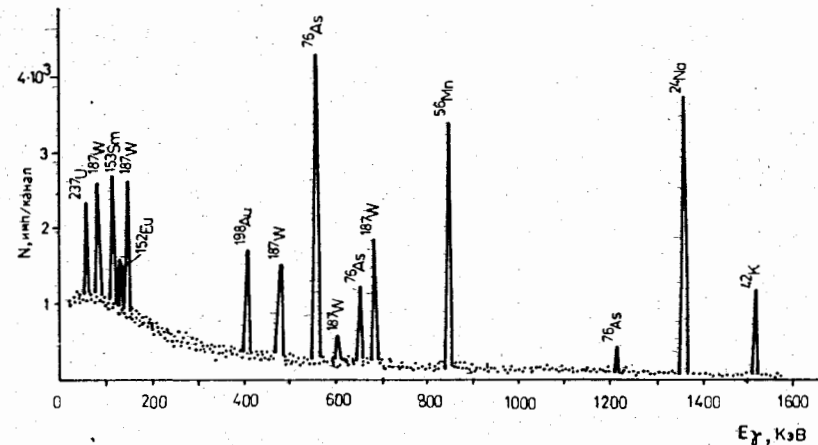


Рис. 5. Спектр γ -излучения наведенной активности образца золотосодержащей руды, облученного на сурьмяно-бериллий-графитовой сборке. Активность источника ^{124}Sb ~400 Ки.

4. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА

Массовое применение сурьмяно-бериллиевых источников для нейтронно-активационного анализа в первую очередь ставит вопрос транспортировки источников от реакторов к потребителям. В настоящем разделе приведены результаты расчета защитного контейнера для транспортировки источников ^{124}Sb . Расчет проводился при условиях транспортировки по III транспортной категории^{4/}. Контейнер имеет конфигурацию, изображенную схематически на рис. 6. Исходя из нашего опыта создания источников ^{124}Sb , при расчетах было принято, что высота источника (h) равна 170 мм, а его диаметр (d_i) - 40 мм. Расчет выполнялся методом "конкурирующих линий"^{5/}. Результаты расчета толщины защиты (d) для трех защитных материалов /свинец, вольфрам, уран/ представлены на рис. 7. Полученные данные позволили оценить массу транспортного контейнера, которая вычислялась по формуле:

$$m = \frac{\pi}{4} (2d + d_i)^2 [h + 0,667(2d + d_i)] \rho,$$

где ρ - плотность материала защиты. Результаты расчета представлены на рис. 8. Таким образом, для источника ^{124}Sb актив-

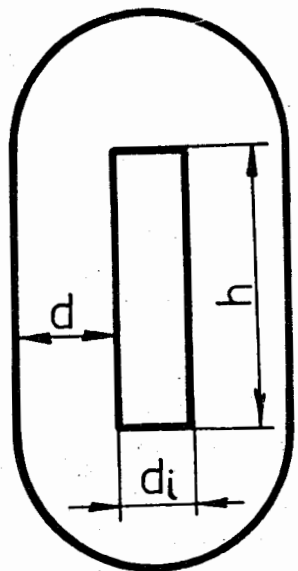


Рис.6. Схема защитного транспортного контейнера для источника ^{124}Sb .

ностью 1000 Ки контейнер из свинца имеет диаметр 500 мм и высоту 610 мм при массе 1100 кг, тогда как контейнер из урана имеет диаметр 280 мм и высоту 410 мм при массе 470 кг.

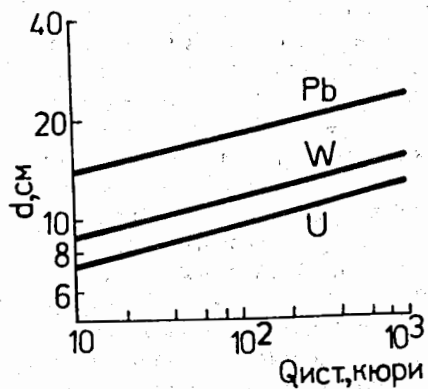


Рис.7. Толщина защиты для транспортировки источников ^{124}Sb по III транспортной категории.

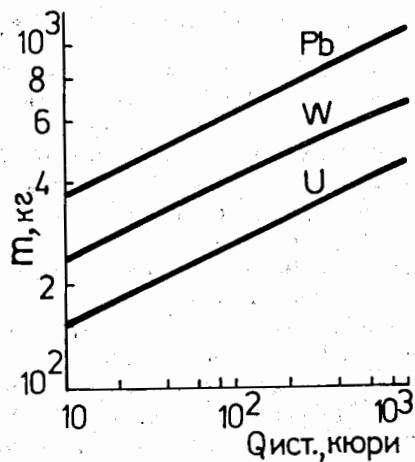


Рис.8. Масса контейнера для транспортировки источников ^{124}Sb по III транспортной категории.

5. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основе полученных ранее данных о пространственном распределении нейтронов сурьмяно-бериллиевого источника в различных замедлителях сконструирована, изготовлена и введена в эксплуатацию бериллий-графитовая сборка с мощным источником ^{124}Sb для нейтронно-активационного анализа.

2. Экспериментально подтвержден сделанный нами ранее путем экстраполяции вывод о достижимости предела определения золота в пробах порядка $2 \cdot 10^{-5} \%$ при активности источника ^{124}Sb 400 Ки. Получена хорошая сходимость данных нейтронно-активационного и пробирного анализа.

3. Для обеспечения работы установки с перегрузкой источника один раз в 6 месяцев целесообразно проводить наработку источника в нейтронном потоке с плотностью $3 \cdot 10^{13}$ нейтр./с в течение 30-50 суток /при массе металлической сурьмы 500 г/ с последующей двухнедельной выдержкой для снижения активности изотопа ^{122}Sb .

4. Получены исходные данные для конструирования транспортного контейнера мощных источников ^{124}Sb .

Авторы выражают большую благодарность академику Г.Н.Флерову, явившемуся инициатором постановки настоящей работы, А.М.Кучеру, Ю.В.Дядину, А.А.Сальникову, А.А.Медведеву за участие в ее практической реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выропаев В.Я., Бурмистенко Ю.Н. ОИЯИ, 18-80-584, Дубна, 1980.
2. Тетерев Ю.Г., Замятин Ю.С., Кучер А.М. ОИЯИ, 18-80-599, Дубна, 1980.
3. Бак М.А., Шиманская Н.С. Нейтронные источники. Атомиздат, М., 1969, с.82.
4. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных веществ /ПБТРВ-73/. Атомиздат, М., 1974.
5. Кимель Л.Р., Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. Атомиздат, М., 1966, с.144.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 марта 1981 года.