

## СВЕРХНИЗКОФОНОВАЯ УСТАНОВКА С ГЕРМАНИЕВОЙ ЗАЩИТОЙ

*Л.А.Попеко, А.В.Лербин, А.В.Черный,  
С.В.Бахланов, В.Н.Муратова, Г.А.Шишкина,  
Х.Кландор*

Результаты измерения радиоактивности в толстостенной германиевой полости обсуждаются с точки зрения постановки экспериментов по поиску двойного бета-распада германия-76 с чувствительностью  $T_{1/2} > 10^{25}$  лет.

В последние годы усилия многих лабораторий мира были сосредоточены над решением проблемы погружения HPGe-детекторов в сверхнизкофоновые условия. В этих экспериментах помимо основной задачи поиска безнейтринного двойного бета-распада германия-76 ставится задача достижения такого уровня фона, который, подобно реликтовому излучению, был бы неподавим. Таким фоном может стать ( $\nu$ ,  $e$ )-рассеяние солнечных нейтрино или гипотетическое взаимодействие "темного вещества" Вселенной<sup>1</sup>. При решении этой задачи основная трудность связана с устранением из ближайшего окружения HPGe-детектора конструкционных материалов, содержащих радиоактивные примеси. В работах<sup>2-6</sup> путем тщательного отбора материалов на основе измерения их радиоактивности и использования пассивной защиты из

зонноочищенного 400-летнего свинца <sup>2</sup>, или ртути, подвергнутой многократной дисциляции, фон был подавлен в  $10^4 - 10^5$  раз по сравнению с открытым детектором, расположенным на поверхности земли. Подобные результаты достигнуты и в работах <sup>7-10</sup>, где для подавления фона детектор помещался в активную защиту из сцинтиллятора NaJ, а также и в активную Si(Li)-полость <sup>11</sup>.

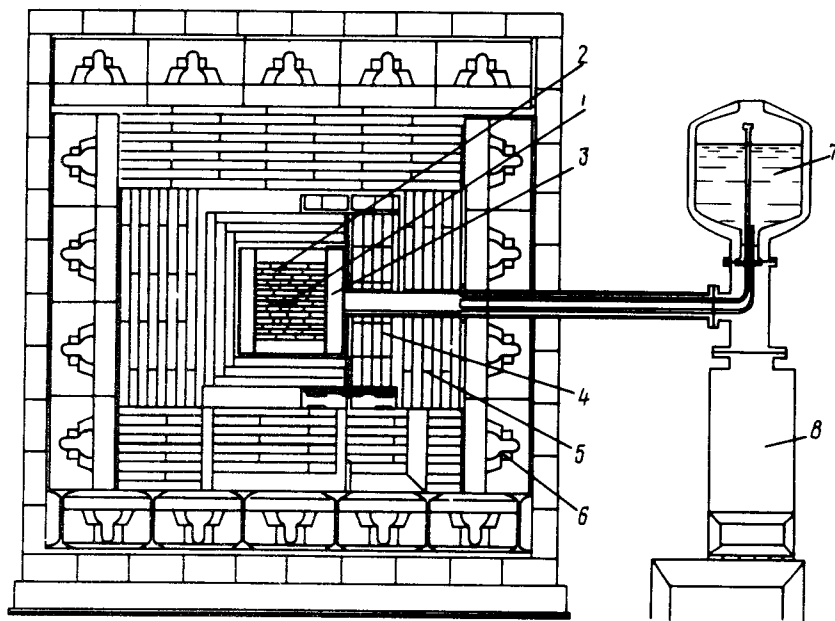


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: HPGe-детектор (1); германиевая защита (2); ртутная полость (3); медная защита толщиной 15 см (4); полиэтиленовая защита толщиной 30 см (5); активная сцинтилляционная защита (6); устройство для охлаждения криостата жидким азотом (7); магнитно-разрядный насос (8)

В настоящей работе описана новая низкофоновая установка с использованием полупроводникового германия как в качестве конструкционного материала так и пассивной защиты для HPGe-детектора. Технология производства полупроводникового германия, основанная на зонной очистке, естественным образом решает проблему чистоты материала, которая измеряется по удельному сопротивлению. Для чистоты германия 10 г/г оно составляет  $47,5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  и соответствует техническим условиям на производство поликристаллического германия марки ГПЗ-1. Центральная часть установки (рис. 1) представляет собой вакуумный криостат, внутри которого располагается охлаждаемая до температуры жидкого азота ртутная полость диаметром 390 мм, высотой 360 мм и толщиной стенки 80 мм. Германий марки ГПЗ-1 в виде трапециoidalных блоков массой по 1,25 кг плотной упаковкой заполнял всю полость). Перед монтажом поверхность блоков травилась в смеси плавиковой и азотной кислот и перекиси водорода. При перестановке HPGe-детектора из стандартного погружного криостата производства компании PGT в нашу германиевую полость поверхность детектора также травилась, а центральный P-контакт в виде стальной пружины был заменен на специально приготовленный пружинящийся германиевый контакт с напыленным на него слоем золота. Внешняя по отношению к криостату защита установки состояла из 15 см слоя меди, 2 мм слоя кадмия и 30 см полиэтилена. Над установкой располагался сцинтилляционный детектор площадью  $2,5 \text{ м}^2$ , который вырабатывал сигнал "вето" для германиевого детектора. Измерения проводились в подземной лаборатории ИЯИ АН УССР, расположенной в Солотвинском солеруднике на

глубине 436 м, что обеспечивало защиту от космических лучей в 1000 м.в.э., сериями по 24 часа с периодическими градуировками. Спектр фона HPGe-детектора объемом 116 см<sup>3</sup> в германиевой защите, измеренный за 1004 часа, представлен на рис. 2.

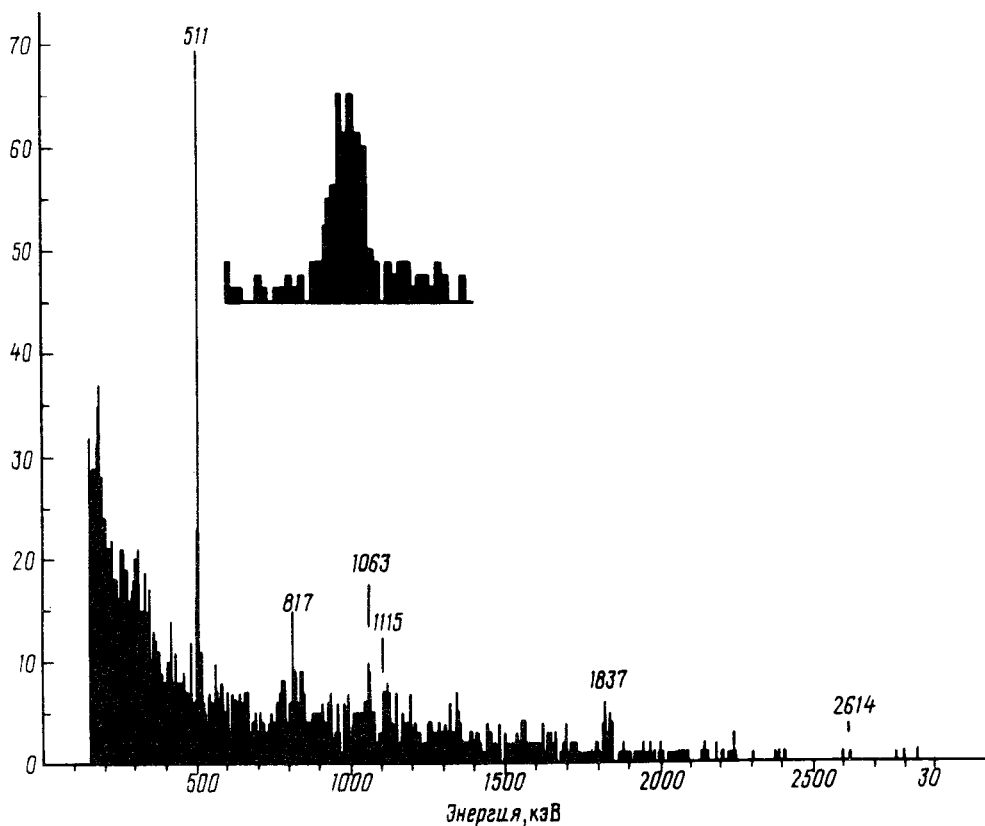


Рис. 2. Спектр фона HPGe-детектора объемом 116 см<sup>3</sup> в германиевой защите, измеренный за 1004 часа; суммировано по 5 КэВ/канал

В спектре доминирует аннигиляционный пик (511,0 кэВ), остальные особенности статистически не обеспечены. Средний уровень фона за все время измерений в области энергии безнейтринного двойного бета-распада германия -76 (2041 кэВ) составил  $1,5 \pm 0,51/\text{кэВ} \cdot \text{кг} \cdot \text{год}$ , определенный по интервалу 100 кэВ, где за 1004 часа было зарегистрировано 11 событий. Наиболее вероятным источником радиоактивности в германиевой полости, обеспечивающей аннигиляционный пик, является позитронная активность галлия-68, возникающего в результате распада германия-68, который находится в германиевой защите и образуется на поверхности земли по реакции  $70\text{Ge}(n, 3n)68\text{Ge}$  и распадается периодом 280 дней.

Исходя из наблюдаемого уменьшения фона за время измерений, а также сравнивая экспериментальный спектр с рассчитанным по Монте-Карло спектром, для распада  $68\text{Ge}$  можно заключить, что 70% интенсивности в фоновом спектре связано с активностью  $68\text{Ge}$ .

Из сравнения нашего результата с данными работы <sup>10</sup>, где достигнута высшая чувствительность к безнейтринному двойному бета-распаду германия -76 на уровне  $T_{1/2} 10^{24}$  лет, видно существенное преимущество установки с германиевой защитой по сравнению с активной сцинтилляционной защитой: во-первых, в области энергий от 0,5 МэВ до 1,5 МэВ максимум спектра двухнейтринного двойного бета-распада с периодом  $10^{21}$  лет приближается к уровню фона в нашей установке: во-вторых, отсутствие пиков для энергий свыше 511,0 КэВ позволяет предположить, что для детектора из германия-76 в результате отсутствия Ge-70, а

следовательно, Ge-68, фон будет меньше в 2,3. Следовательно, в измерениях с использованием HPGe-детектора 80%-го обогащения в данной установке можно получить данные о форме спектра двойного бета-распада с испусканием двух нейтрино, если период составит  $10^{21}$  лет. Новые данные о безнейтринной ветви распада в диапазоне  $10^{25}$  лет в подобном эксперименте можно получить лишь со сборкой HPGe-детекторов из разделенного изотопа общей массой свыше 10 кг.

В заключение авторы выражают благодарность руководству ИЯИ АН УССР за предоставленную возможность провести измерения в Солотвинской низкофоновой лаборатории, заведующему отделом физики лептонов Ю.Г.Здесенко за помощь и полезные обсуждения, М.С.Шейчуку за внимание к участникам работы – сотрудникам ЛИЯФ им. Б.П.Константинова.

#### Литература

1. *Bahcall J.N. Rev. Mod. Phys.*, 1987, **59**, 505. *Goodman H.W., Witten E. Phys. Rev. D*, 1985, **31**, 3059; *Fhen S.P. et al. Phys. Lett. B*, 1987, **195**, 603; *Caldwell D.O. NIM A*, 1988, **264**, 106.
2. *Bellotti T. et al. Phe. Lett. B*, 1984, **146**, 450; *Flessandrello F. et al. NIM, B*, 1986, **17**, 411.
3. *Forster A. et al. Phys. Kett. D*, 1984, **138**, 301.
4. *Fvignone F.T. et al. Phys. Rev. C*, 1986, **34**, 666.
5. *Jagam P. et al. NIM, A*, 1988, **267**, 486.
6. *Здесенко Ю.Г. и др. Ядерная физика*, 1986, **43**, 1065.
7. *Leccia F. et al. Nuovo Cimento A*, 1985, **85**, 19.
8. *Ejiri H. et al. Nucl. Phe. A*, 1986, **448**, 271.
9. *Caldwell D.O. et al. Phys. Rev. D*, 1986, **33**, 2737. *Phys. Rev. Lett.*, 1987, **59**, 419.
10. *Кирпичников И.В., Васенко А.А. и др. Препринт ИТЭФ*, № 8, 1988.
11. *Бахланов С.В. и др. Препринт ЛИЯФ № 1398*, июнь 1988.