

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P2-86-226

В.С.Барашенков, А.Н.Соснин, П.И.Тараненко*,
С.Н.Федотов*

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ,
ВОЗНИКАЮЩЕГО В ДЕТЕКТИРУЮЩИХ СИСТЕМАХ
НА ОСНОВЕ NaJ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРОТОНОВ
КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Направлено в журнал "Космические исследования"

* Московский инженерно-физический институт

1986

При проведении гамма-спектрометрических исследований в области энергий гамма-квантов 0,1-10,0 МэВ на борту искусственных спутников Земли наряду с диффузным космическим фоном и атмосферными альбедными гамма-квантами необходимо учитывать фон, обусловленный γ -излучением активированных ядер, образовавшихся при взаимодействии высокоэнергетических протонов первичного космического излучения (ПКИ) и протонов радиационных поясов Земли с материалами детектора и конструкционными материалами спутника. Гамма-фон наведенной активности является определяющим в спектрометрических исследованиях^{/1-4/}, поэтому его прогнозирование и поиски путей уменьшения являются весьма актуальной задачей.

В работе^{/1/} прогнозируется вторичный γ -фон, возникающий в результате активации кристаллов NaJ, CsJ и Ge протонами ПКИ и внутреннего радиационного пояса Земли. Однако при этом учитывался только фон от излучения ядер, образованных в результате взаимодействий первичных протонов с материалами детектора, и не рассматривалось γ -излучение активированных ядер, образовавшихся в результате взаимодействия вторичных нуклонов и π -мезонов с материалом детектора.

Расчет излучения мгновенных γ -квантов, испускаемых при переходе в основное состояние ядер, возбужденных в детекторе на основе полистирола протонами ПКИ с учетом вторичных нуклонов и π -мезонов, выполнен в работе^{/2/}. Следует, однако, иметь в виду, что такого рода фон необходимо учитывать лишь в детектирующих системах, не имеющих "антисовпадающей (активной) защиты" (АСЗ) от заряженных частиц. При прохождении протонов космического излучения через детектор и АСЗ в последней возникает сигнал запрета, и мгновенные γ -кванты в режиме антисовпадений с сигналом детектора не регистрируются. Вместе с тем значительная доля фона обусловлена γ -квантами, сопровождающими в распад нестабильных ядер, накапливающихся в материалах детектирующей системы во время полета спутника.

Результаты расчета γ -фона космических кораблей многоцелевого назначения (MMS) и типа Space Shuttle приведены в работе^{/3/}, в которой были рассмотрены процессы активации протонами ПКИ и излу-

чения Южно-Бразильской аномалии (ЮБА). Учитывались все нестабильные изотопы с периодами полураспада от 2 минут до года, образуемые протонами с энергией, большей 24 МэВ, и вторичными нейтронами в стенках корабля. Показано, что γ -фон наведенной активности в конструкционных материалах спутника в несколько раз превышает уровень диффузного космического γ -фона и альбедных γ -квантов.

В экспериментах на Apollo-15^{/4/}, где детектор подвергался воздействию только протонов ПКИ, отмечено, что, хотя интенсивность протонной компоненты не такая высокая, как вблизи Земли (для орбит, проходящих через зону ЮБА), активация детектора все же дает значительный вклад.

Ни в одной из работ^{/1-6/}, посвященных оценкам наведенной активности в материалах детектора, не рассматривались пути уменьшения γ -фона.

Наша работа посвящена изучению возможностей защиты детекторов на основе NaJ от γ -фона путем применения коллиматоров. Такая возможность не является очевидной, поскольку, защищая от наведенной активности в конструкционных материалах спутника, коллиматоры сами служат источником фонового γ -излучения вследствие их активации высокоэнергетичными протонами. В работе получены оценки активационного фона детекторов в зависимости от вида защиты (активной или пассивной), материалов защиты и ее геометрических параметров. Расчеты выполнялись для орбит спутника, проходящих в околоземном пространстве с периодическим пересечением зоны ЮБА, и для полета спутника в межпланетном пространстве. Исследованы зависимости фоновых характеристик от времени полета спутника. Полученные результаты могут быть использованы при выборе коллиматора детектирующей системы, позволяющего в определенной мере снизить собственный уровень активационного γ -фона детектора.

Методом Монте-Карло моделировался адронный каскад, индуцированный протонами ПКИ и ЮБА в веществе детектора и защиты, накопление и сопровождающийся γ -излучением распад остаточных (послекаскадных) ядер. Вычислялась интенсивность и спектральный состав γ -излучения, регистрируемого детектором.

В качестве детектора γ -излучения рассматривались кристаллы NaJ, наиболее часто используемые в спектрометрии космических излучений в детектирующих системах с большой площадью регистрации. Кристаллы имели вид цилиндров с диаметром 20 и высотой 10 см. В качестве АСЗ рассматривались кристаллы пластического сцинтиллятора на основе полистирола и кристаллы NaJ. В обоих случаях кристаллы имели вид параллелепипеда с основанием 50x50 см и высотой, изменяющейся в пределах от 0,1 до 50 см. В качестве пассивной защиты детектора от заряженных частиц и γ -квантов был выбран свинец, обладающий высоким

коэффициентом ослабления. Его геометрические параметры такие же, как у кристалла пластика и NaJ. Схема детектирующей системы представлена на рис. 1.

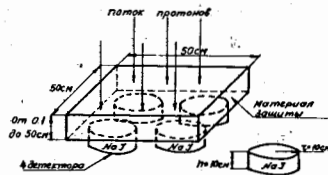


Рис. 1. Схема детектирующей системы.

Моделирование потока протонов интегрального спектра ПКИ для периода спокойного Солнца в диапазоне энергий 0,015–100 ГэВ выполнялось с помощью полуэмпирической формулы [7]:

$$N_p(>E) = 2 \cdot 10^4 \left[\frac{1}{(2+E)^2} - \frac{3}{(2+E)^5} \right] \frac{\text{протон}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср}}$$

При пересечении спутником нижней границы внутреннего радиационного пояса Земли γ -фон возрастает вследствие активации материалов детектора и спутника излучением ДБА. Адронная компонента в аномалии обогащена низкоэнергетичными протонами, и ее дифференциальный спектр имеет вид

$$\frac{dN_p}{dE_p} = k_p \cdot e^{-E_p/E_0} \frac{\text{протон}}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср} \cdot \text{МэВ}}$$

где k_p – коэффициент нормировки, $E_0 = 250$ МэВ. Как и в работе [3], предполагалось, что в случае пересечения аномалии спутник в течение 20 минут подвергается воздействию потока протонов ДБА, равному 780 протон/см²·с, а последующие 70 минут полета по орбите на него действуют лишь протоны ПКИ.

Моделирование внутриядерного каскада, процессов "испарения" возбужденных ядер, их распадов с испусканием γ -квантов и распространения лавины частиц в веществе выполнялось с помощью программного комплекса "Каскад" [8]. Учитывались все адроны в диапазоне энергий 10,5 МэВ–100 ГэВ. Заряженные частицы меньших энергий считались остановившимися из-за ионизационных потерь, а поведение нейтронов прослеживалось на основе 26-групповой системы констант для расчета ядерных реакторов.

В результате проведенных расчетов были получены данные о скорости образования остаточных ядер в детектирующей системе, их энергии возбуждения и распределение по глубине в материале защиты и детектора.

На рис. 2 представлены распределения числа остаточных послекаскадных ядер по глубине системы пластик+детектор NaJ для случая облучения протонами ПКИ. Как видно, большая часть этих ядер образуется в верхних слоях защиты и детектора, для NaJ функция распределения спадает более круто, что объясняется разной плотностью NaJ и свин-

целиятора. Аналогичные распределения для случая облучения систем пластик+детектор NaJ протонами спектра ДБА приведены на рис. 3. Видно, что практически все остаточные ядра образуются в поверхностных слоях пластика или NaJ, и функция распределения их по глубине имеет четко выраженный экспоненциально убывающий характер, это согласуется с данными работы [3]. Типичное распределение остаточных ядер по глубине детектирующей системы с пассивной защитой из свинца при облучении ее протонами ПКИ показано на рис. 4.

Определим эффективность образования остаточных ядер в детекторе

$$\eta = \frac{N_{\text{дет.}}}{N_{\text{прот.}}},$$

где $N_{\text{дет.}}$ – количество образовавшихся остаточных ядер, $N_{\text{прот.}}$ – количество попавших в систему протонов. Графики зависимости величины η от толщины защиты при облучении протонами ПКИ представлены на рис. 5. Для детектора со свинцовой защитой коэффициент η возрастает от 0,97 до 3,74 при увеличении толщины свинца от 0 до 0,9–1 см, и при дальнейшем увеличении толщины защиты монотонно убывает.

Это связано с тем, что тонкий слой свинца играет роль своеобразного "генератора" вторичных частиц, попадающих в детектор, и увеличивает в нем число остаточных ядер, так как средняя множественность вторичных частиц на один акт взаимодействия пер-

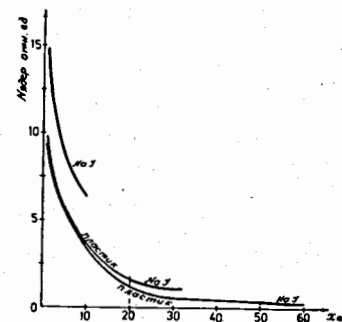


Рис. 2

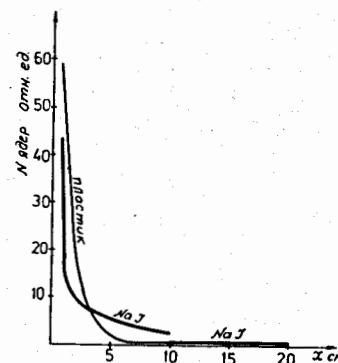


Рис. 3

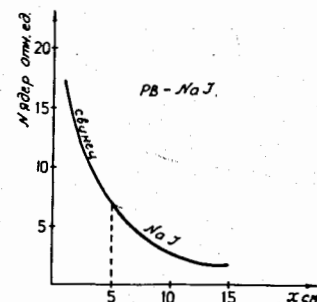


Рис. 4

вичного протона с тяжелым ядром описывается полуэмпирической зависимостью $\bar{n}_{cp} / 9$

$$\bar{n}_{cp}(T) \approx 3 \cdot T^{1/4}, \quad T - \text{энергия протона в ГэВ.}$$

С увеличением толщины свинцовой пластинки возрастает вероятность взаимодействия первичных протонов с ядрами Pb и вследствие этого — число вторичных частиц. Однако при этом возрастают ионизационные потери вторичных заряженных частиц и рассеяние вторичных нейтронов. Это приводит к тому, что далеко не все образовавшиеся вторичные частицы попадают в детектор и взаимодействуют с ядрами NaJ и J. Иначе говоря, с увеличением толщины свинца возрастает эффект "экранирования" вторичных частиц свинцом. При определенной толщине защиты количество попавших в детектор вторичных частиц определяется двумя конкурирующими процессами: генерацией вторичных частиц, количество которых растет с увеличением толщины защиты, и процессом радиационного торможения и рассеяния этих частиц на пути к детектору. Из рисунка 5 видно, что при увеличении толщины свинцовой защиты от 0 до 9 мм преобладающей является генерация вторичных частиц. Равновесие процессов генерации и экранирования наступает при толщине > 9,5–11 мм. При большей толщине (вплоть до 10 см) преобладают процессы радиационного торможения и рассеяния частиц.

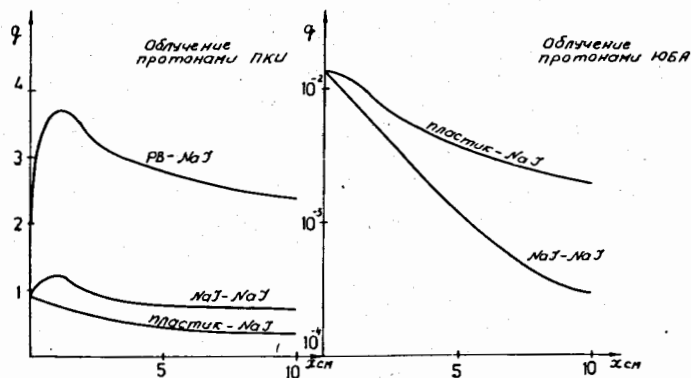


Рис.5. Зависимость эффективности образования остаточных ядер в детекторе NaJ от толщины защиты.

Такие же физические процессы имеют место и для детектирующей системы с АСЗ из NaJ. Различие коэффициентов в детекторах с защитой из Pb и NaJ объясняется большей плотностью свинца, и, кроме того,

средняя множественность вторичных частиц в свинце примерно в полтора раза выше, чем в NaJ.

При использовании в качестве АСЗ пластического сцинтиллятора вклад эффекта генерации вторичных частиц незначителен, рождающиеся вторичные частицы (в основном нейтроны) рассеиваются, замедляются и поглощаются в водородосодержащем материале пластика. Величина q в детекторе с защитой из 10 см пластика вдвое меньше, чем в детекторе с защитой из 10 см NaJ.

На рис.5 приведены также результаты моделирования коэффициента q в детекторе с активной защитой из пластика и NaJ при облучении протонами спектра ЮБА. Как видно, кристаллы пластика и NaJ, используемые в качестве АСЗ при облучении низкоэнергетическими протонами ЮБА, играют роль поглотителя и существенно снижают число образующихся активированных ядер, особенно для материалов с большой плотностью.

Были промоделированы χ -фоновые характеристики детектирующих систем и исследовано влияние на них материала и геометрических параметров защиты, вида орбиты спутника и времени полета. При расчетах фоновых характеристик учитывались все β -активные остаточные ядра с периодами полураспада от 0,1 с до 5 лет. Длительность полета спутника выбиралась в интервале от суток до года. Отдельно рассмотрены случаи движения в межпланетном пространстве, где на спутник действуют только протоны ПКМ, и орбиты, периодически пересекающие зону ЮБА. В первом случае скорость образования ядер постоянна и их активности

$$A_j = R_j (1 - e^{-\lambda_j t_{\text{полета}}})$$

где R_j — скорость образования j -изотопа, λ_j — его постоянная распада. В случае пересечения спутником зоны ЮБА скорость образования остаточных ядер в течение полета изменяется и их активности к концу полета длительностью $t_{\text{полета}}$:

$$A_j = \sum_{i=1}^n R_{ji} (1 - e^{-\lambda_j \Delta t_i}) e^{-\lambda_j (t_{\text{полета}} - t_i)}$$

где Δt_i — интервал времени, в пределах которого скорость образования j -го изотопа R_{ji} принималась постоянной, t_i — время окончания i -го интервала. Расчет проводился в предположении, что спутник трижды в течение суток пересекает зону аномалии. Считалось, что время прохождения зоны аномалии — 20 минут, остальные 70 минут полета по орбите на спутник действуют только протоны ПКМ. Временная диаграмма нахождения спутника в зонах ПКМ и ЮБА представлена на рис.6.

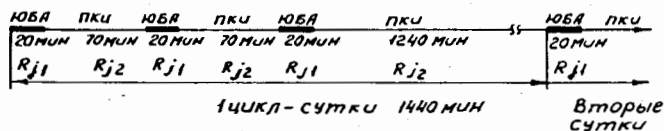


Рис.6

Фон в детекторе создается γ -излучением активированных ядер в самом детекторе и в материале защиты. На основе данных о распределении остаточных ядер по глубине защиты учтена доля γ -квантов, попадающих из защиты в детектор, с учетом геометрии системы (рис.1) и их поглощения в материале защиты /10/.

В качестве характеристик фоновых условий рассчитывались суммарная интенсивность γ -излучения в детекторе NaJ, отношение интенсивностей излучения детектора и защиты,

γ -спектры. При сравнении фоновых условий для различной защиты эффекты суммирования каскадных γ -квантов и энергопотери заряженных частиц в материале детектора при β -распаде ядер не учитывались, как пропорциональные интенсивности γ -излучения.

На рис.7 приведены графики зависимости суммарной интенсивности γ -излучения ядер детектора и защиты из пластика, NaJ и свинца от времени облучения протонами ПКИ. При равных временах экспозиции и толщине защиты наименьший уровень наведенного γ -фона - в детекторах, защищенных пластиком. Фон в детекторах с защитой из NaJ приблизительно на четверть выше. Использование пассивной защиты из свинца в среднем увеличивает фон в 3-4 раза. Для всех рассмотренных материалов защиты увеличение времени

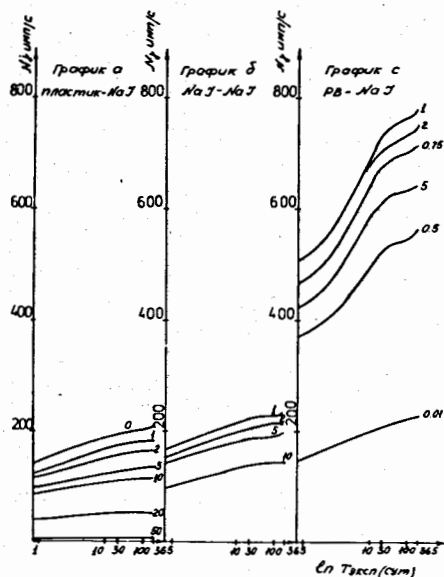


Рис.7. Зависимость суммарной интенсивности γ -излучения ядер детектора и защиты от времени облучения протонами ПКИ. Толщина защиты указана с правой стороны кривых.

полета от суток до года повышает уровень суммарного γ -фона в полтора раза. Суммарная интенсивность γ -излучения в детекторе

$N_{\gamma \Sigma} = N_{\gamma \text{дет.}} + N_{\gamma \text{защ.}}$
где $N_{\gamma \text{дет.}}$ - излучение остаточных ядер детектора, $N_{\gamma \text{защ.}}$ - излучение защиты.

Относительная величина фона, создаваемого активными ядрами детектора:

$$k = \frac{N_{\gamma \text{дет.}}}{N_{\gamma \Sigma}}$$

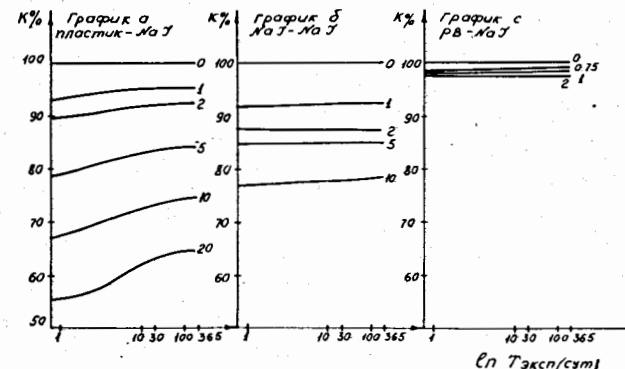


Рис.8. Зависимость величины k от времени облучения протонами ПКИ. Толщина защиты указана с правой стороны кривых.

Зависимость величины k от времени облучения протонами ПКИ показана на рис.8. Как видно, интенсивности излучения долгоживущих изотопов в материале защиты и в самом детекторе для систем NaJ - NaJ и Pb - NaJ практически одинаковы, так как значение k с ростом времени экспозиции практически не меняется. Для защиты из пластика доля излучения долгоживущих изотопов в нем меньше, чем в самом детекторе NaJ. Различие в значениях k для защиты из пластика, свинца и NaJ отражает тот факт, что при прочих равных условиях существенную роль играет поглощение γ -квантов материалом защиты.

На рис.9 сравниваются графики зависимости суммарной интенсивности γ -излучения от толщины защиты для времен экспозиции 100 суток и год. Обращает на себя внимание подобие графиков на рис.9 и 5, которое вместе с данными рис.8 подтверждает тот факт, что фон в детекторе обусловлен в основном γ -излучением ядер, образованных в самом детекторе, в то время как скорость их образования зависит прежде всего от материала защиты.

Спектры фонового γ -излучения в детекторе с защитой из пластика, NaJ толщиной 1,5, 10 см и свинца толщиной 1 и 5 см для случая облучения протонами ПКИ в течение 100 суток представлены на рис. 10. Следует отметить, что большой вклад в γ -фон детектора наряду с аннигиляционными γ -квантами вносит излучение изотопов ^{11}C , ^{21}Na , ^{22}Mg , ^{124}J , ^{126}J , ^{127}Xe и особенно ^{24}Na и ^{128}J .

Пунктирной кривой нанесен рассчитанный уровень диффузного γ -фона [II]. Уровень наведенной активности по всему спектру для 10-суточного облучения ПКИ в детекторе NaJ без защиты, с защитой из пластика или NaJ и с защитой из свинца составляет соответственно 0,8, 0,7 и 3,5 уровня диффузного фона в том же энергетическом диапазоне.

Наши данные согласуются с измерениями на Apollo-15 [4], где наведенная активность в детекторе NaJ по всему спектру составляла 0,67 уровня диффузного фона при времени полета спутника около двух недель.

Данные, представленные на рис. 7-10, свидетельствуют о нецелесообразности применения свинца и других тяжелых материалов в качестве пассивной защиты детектирующих устройств ввиду высокого уровня наведенной в них активности по сравнению с детекторами с активной защитой из пластика и NaJ. Кроме того, активная защита детектора, работающая в режиме антисовпадений, обладает еще одним преимуществом перед пассивной защитой: если при распаде остаточных ядер, образованных в материале активной защиты, энергии испускаемых β -частиц превышают порог срабатывания АСЗ, то на выходе системы появляется сигнал запрета, и γ -кванты, сопровождающие такой β -распад, не регистрируются детектором. АСЗ отсекает часть фоновых γ -квантов.

В наших расчетах порог срабатывания АСЗ был принят равным 100 кэВ. Используя справочные данные по схемам распада и β -спектрам [12] для

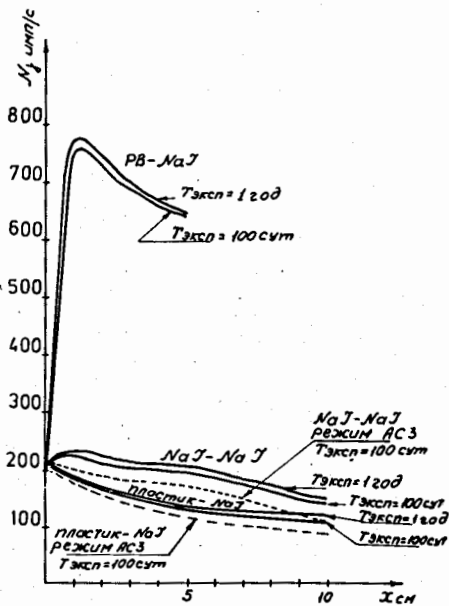


Рис. 9. Зависимость суммарной интенсивности γ -излучения ядер детектора и защиты от толщины защиты.

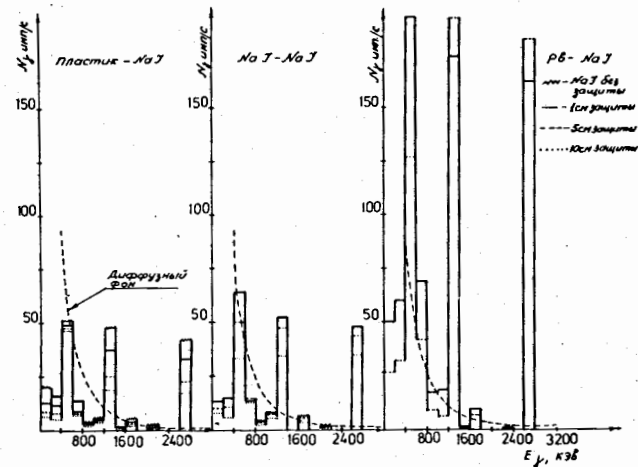


Рис. 10. Спектры фонового γ -излучения в детекторе. Облучение протонами ПКИ в течение 10 суток.

β -активных ядер, образующихся в материалах защиты при облучении их протонами ПКИ, можно определить относительную долю β -частиц, энергии которых лежат ниже порога срабатывания АСЗ. Соответствующая часть γ -квантов, сопровождающая эти β -распады, попадая в детектор, не будет отсекается АСЗ и должна рассматриваться как часть фона наряду с собственным фоном детектора. Зависимость суммарной интенсивности γ -излучения в детекторах с включенной АСЗ из полистирола и NaJ от толщины защиты для 100-суточной экспозиции протонами ПКИ нанесены пунктирными кривыми на рис. 9. Включение АСЗ уменьшает фон в детекторе в зависимости от толщины и материала защиты в среднем на 10-25%, то есть практически полностью (см. рис. 8) отсекает фоновую составляющую γ защ.

При движении спутника по орбите обитаемых орбитальных станций он периодически пересекает зону ЮБА, где интенсивность протонной компоненты возрастает на несколько порядков. Зависимость накопления и спада суммарной интенсивности γ -излучения в детекторе с защитой из пластика и NaJ от времени при однократном прохождении аномалии представлена на рис. 11. Фон от наведенной активности в детекторе с защитой из пластика и NaJ возрастает и убывает довольно быстро (для детектора NaJ среднее время спада активности до уровня диффузного фона без защиты составляет 30-40 минут). Это объясняется тем, что основной вклад в фоновое излучение вносят короткоживущие изотопы. При однократном облучении долгоживущие изотопы не успевают накопиться в значительном

количестве. Однако с течением времени полета спутника и пересечения зон ЮБА вклад их будет возрастать.

На рис.12 показаны расчетные зависимости суммарной интенсивности γ -излучения в детекторе с защитой из пластика и NaJ от времени полета спутника, периодически пересекающего зону ЮБА (см.рис.6). Обращает на себя внимание тот факт, что в детекторе без защиты при увеличении времени полета от суток до года фон возрастает в 2,3 раза, в то время как для детекторов с защитой из 10 см пластика или NaJ он увеличивается лишь в 1,4 раза. Это означает, что в детекторе без защиты доля γ -излучения долгоживущих изотопов в 1,5-1,7 раза выше, чем в детекторах с защитой из 5-10 см пластика и NaJ. Увеличивая защиту, мы уменьшаем долю γ -излучения долгоживущих изотопов, что особенно важно при длительных полетах. Из сравнения рис.7 и рис.12 видно, что уровень фона в случае ПКИ+ЮБА (рис.7) в детекторах с защитой из 10 см пластика и NaJ превышает фон в случае воздействия только протонов ПКИ в среднем на 5-10%. Для детекторов без защиты увеличение составляет 100%.

Влияние толщины АСЗ из пластика и NaJ на суммарную интенсивность γ -излучения в детекторе при облучении протонами ПКИ+ЮБА иллюстрируется данными рис.13.

Типичные гистограммы γ -спектров наведенной активности в детекторах с защитой из пластика и NaJ в поле ПКИ+ЮБА приведены на рис.14. Спектры приведены для детектора без защиты и с 1,5,10 см защитой из пластика и NaJ. Наиболее интенсивные линии обусловлены излучением изотопов ^{24}Na - 1368,5 кэВ, 2754,1 кэВ, ^{126}J - 388,6 кэВ, ^{128}J - 442,9 кэВ, ^{21}Na - 511 кэВ и аннигиляционными γ -квантами. Суммарная наведенная активность по всему спектру для детектора без защиты за 10-суточный полет в 1,9 раза выше уровня диффузного фона, а для детекторов с толщиной защиты из пластика и NaJ 1,5,10 см - соответственно

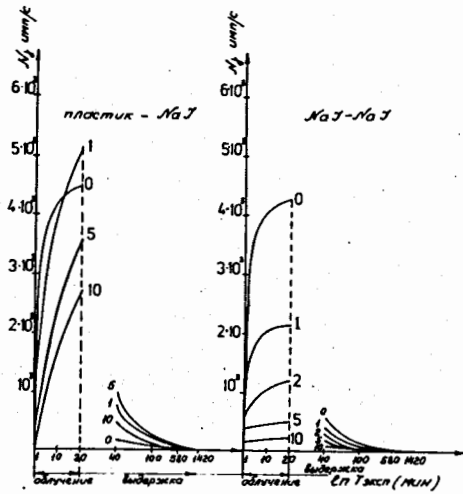


Рис.11. Зависимость накопления и спада суммарной интенсивности γ -излучения в детекторе от времени.

в 1,35, 0,95, 0,65 раз. Из рис.13 видно, что включение АСЗ уменьшает фон в детекторе с защитой из пластика при 100-суточном полете в среднем на 15-20%, а с АСЗ из NaJ - на 25%.

Из приведенных данных следует, что наименьшим уровнем наведенной активности обладают детекторы с защитой на основе пластиковых сцинтилляторов, с увеличением ее толщины наведенная активность снижается. Характеристики системы с защитой на основе NaJ на 10-20% хуже.

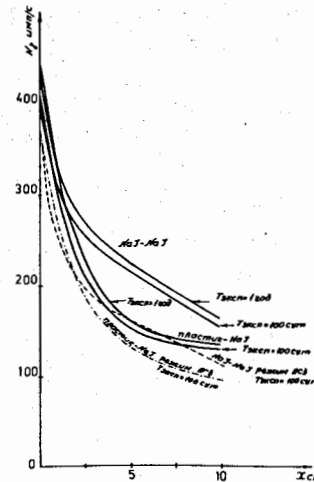


Рис.13. То же, что и на рис.9. Облучение протонами ПКИ+ЮБА в течение 100 суток и года.

Рис.14. Спектр фонового γ -излучения в детекторе. Облучение протонами ПКИ+ЮБА в течение месяца, 100 суток и года.

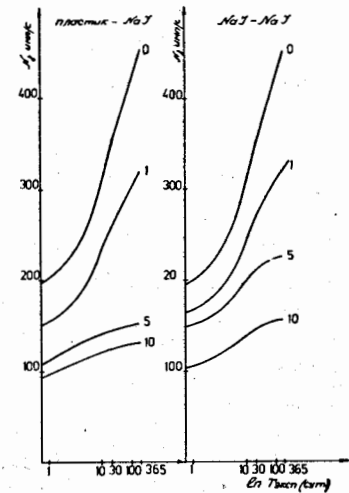
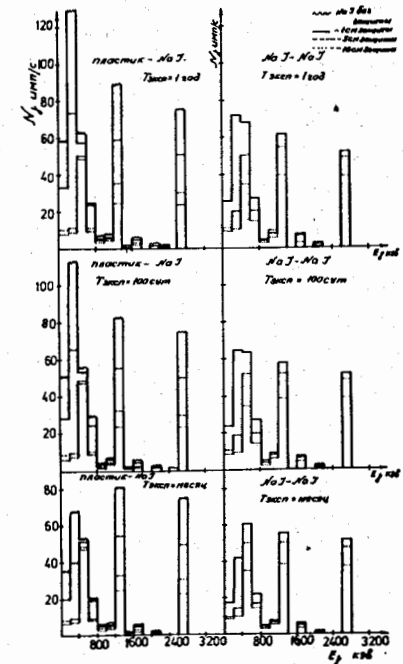


Рис.12. Зависимость суммарной интенсивности γ -излучения в детекторе от времени облучения протонами ПКИ+ЮБА. Толщина защиты указана на кривых.



ЛИТЕРАТУРА

1. Dyer C.S. et al. Nucl. Instr. Meth., 1980, v.173, p.585.
2. Калининкова И.В., Пилипешин Н.А. В сб.: Экспериментальные методы ядерной физики высоких и низких энергий. Атомиздат, М., 1982, с.28.
3. Fischbein W.L. et al. IEEE Trans. on Nucl. Science, vol. NS-26, 1979, No 6, p. 5156.
4. Trombka J.I. et al. Astrophys. J., 181(1973), p. 737.
5. Dyer C.S. et al. Astrophys. Space. Sci., 14(1971), p. 243.
6. Carrpenter G. et al. Astrophys. Space. Sci., 24(1973) p. 95.
7. Гусева З.М. и др. Изв. АН СССР сер. физ., 1973, т.37, № 6, с.1302.
8. Барашенков В.С. и др. ОИЯИ, P2-85-173, Дубна, 1985.
9. Барашенков В.С.; Тонеев В.Д. Взаимодействие высокоэнергетических частиц и ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972, с.268.
10. Альфа-, бета-и гамма-спектроскопия. Под ред. К.Зигбана. Атомиздат, М., 1972.
11. Diffuse background of Energetic x-rays, x-and Gamma-Ray astronomy. Ral.Y. - Int. Astron. Union - Symp. Y55, 1973, p.279.
12. Колобашкин В.М. и др. Бета-излучение продуктов деления. Справочник. Атомиздат, М., 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 мая 1986 года.

Барашенков В.С. и др. P2-86-226
Расчет характеристик гамма-излучения,
возникающего в детектирующих системах на основе NaJ
под действием протонов космического излучения

Получены оценки активационного γ -фона детекторов на основе NaJ, окруженных активной и пассивной защитой в зависимости от ее материала и толщины. Расчеты выполнены для межпланетного пространства и для орбит в околоземном пространстве, периодически пересекающих зону Южно-Бразильской аномалии. Результаты вычислений могут быть использованы для выбора коллиматора детектирующей системы, снижающего фон гамма-излучения.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Barashenkov V.S. et al. P2-86-226
Calculation of the Features of γ -Radiation,
Produced in the Detecting Systems, Based on NaJ,
under the Cosmic Proton Irradiation

Estimations of the γ -ray background of detectors, based on NaJ, surrounded by passive or active shield, have been obtained depending on its material and thickness. Calculations have been performed for the space radiation conditions and for the close-to-Earth orbits, crossing the South-Brasil anomaly. The results of the calculations could be used during the choice of the detector system collimator, which decreases the background of the γ -rays.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986