

УДК 520.343; 539.1.07

© М. Э. Дробышевский, С. В. Бобашев

ИЗУЧЕНИЕ ОТКЛИКА ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ НА ЯДЕРНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Исследованы сцинтилляционные свойства экранов стандартных фотоэлектронных умножителей ФЭУ-167 (боросиликатное стекло марки С49-1) и ФЭУ-167-1 (стекло марки С52-1 содержит калий). Три модификации разработанного испытательного стенда позволили использовать в работе космические лучи и радиоактивный источник ^{60}Co . Найдено, что сцинтилляционная эффективность стекол составляет около 10^{-2} эффективности полистиролового сцинтиллятора (с 2 % терфенила + 0.06 % РОРОР) и не зависит от наличия в них калия. Рассматривается возможность изготовления ФЭУ с экранами из сцинтилляционно-активных стекол (например, допированных церием), что в ряде случаев может сделать ненужным применение внешнего сцинтиллятора.

Кл. сл.: фотоэлектронные умножители, сцинтилляторы, сцинтиллирующие стекла, сцинтилляционные эффекты в стеклах ФЭУ

ВВЕДЕНИЕ. ВОЗМОЖНОСТЬ ПРЯМОЙ РЕАКЦИИ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ НА ЯДЕРНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Известно, что часть шумов фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) может быть обусловлена фоновыми ядерно-активными излучениями — космическими лучами (КЛ); продуктами распада урана, тория, калия (^{40}K) и других радиоактивных элементов [1]. Правда, детали физических механизмов возбуждения сигнала оставались недостаточно изученными. В частности, в работе [2] было высказано предположение, что при выбивании электронов из первого динода частицами КЛ испускаются также и фотоны, регистрируемые ФЭУ. Однако в работе [3] была обнаружена люминесценция стекла и кварца под действием α -частиц, а в работе [4] с помощью двух взаимно наблюдающих ФЭУ показано, что их реакция на частицы КЛ обусловлена люминесценцией стекла экранов самих ФЭУ.

Мы столкнулись с проблемой реакции ФЭУ на фоновое излучение (в т. ч. КЛ) при детектировании даемонов (Dark Electric Matter Objects) — предположительно планковских объектов [5, 6], составляющих т. н. скрытую (темную) массу Галактики. Для регистрации частиц была создана экспериментальная установка, в которой использовалось до 16 взаимноизолированных ФЭУ-167, наблюдающих отстоящие от них на 22 см экраны, покрытые ~ 10 мкм слоем сцинтиллятора $\text{ZnS}(\text{Ag})$. Было отмечено, что подчас несколько, а то и все ФЭУ-167 одновременно выдают сигнал, по форме напоминающий не сигналы с наблюдаемых $\text{ZnS}(\text{Ag})$ -сцинтилляторов, а их собственные шумы.

Такие события естественно было приписать атмосферным ливням КЛ. Как оказалось, такие сигналы регистрируются даже светоизолированными ФЭУ. Также выяснилось (и послужило основным стимулом данного исследования), что по меньшей мере некоторые экземпляры ФЭУ-167-1 (применявшиеся в экспериментальной установке наравне с ФЭУ-167)* сами реагируют на пролет через них даемонов — отрицательно заряженных ($Ze \approx 10e$) ядерно-активных частиц, детектируемых, как считалось вначале, только благодаря захвату ядер (с выделением до ~ 100 МэВ) в тонком $\text{ZnS}(\text{Ag})$ сцинтилляционном слое детектора. Было высказано предположение, что причиной такой реакции является захват ядер алюминия в аномально толстом внутреннем зеркальном алюминиевом покрытии прикатодной секции стеклянной колбы этих экземпляров ФЭУ. В них толщина алюминия была ~ 1 мкм, тогда как стандартная толщина покрытия составляет ~ 0.1 мкм.

С целью усиления подобной реакции и более эффективного использования электронных умножителей для детектирования ядерно-активных частиц были предложены (оформлено в виде заявки

* Экраны ФЭУ-167-1 изготовлены из К-содержащего стекла марки С52-1 с составом: SiO_2 — 68.7 ± 1.2 %; B_2O_3 — $19^{+0.5\%}_{-1.0\%}$; Al_2O_3 — 3.5 ± 0.5 %; Na_2O — 4.4 ± 0.4 % и K_2O — 4.4 ± 0.5 %. Экраны обычных ФЭУ-167 и их колбы изготовлены из боросиликатного стекла марки С49-1 (SiO_2 — 67.5 ± 1.0 %; B_2O_3 — $20.3^{+0.5\%}_{-1.0\%}$; Al_2O_3 — 3.5 ± 0.5 %; Na_2O — 8.7 ± 0.8 %); динод-содержащие цилиндрические ножки — из стекла С52-1.

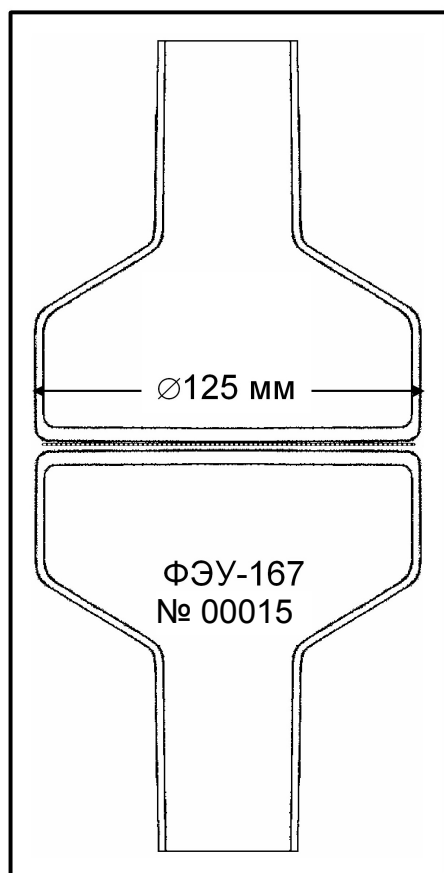


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для изучения сцинтилляционных свойств экранов ФЭУ с использованием космических лучей

на изобретение Э.М. Дробышевским и М.Э. Дробышевским "Вакуумный электронный умножитель для регистрации частиц") и изготовлены малой серией Темные Электронные Умножители (ТЭУ-167) со сплошным (включая также лицевой экран $\varnothing 125$ мм) утолщенным до ~ 0.5 мкм внутренним Al-

покрытием (при этом все остальные параметры остались без изменений, включая ~ 0.1 мкм светочувствительный Sb-K-Na-Cs-слой, покрывающий всю внутреннюю прикатодную поверхность). В центре экрана ТЭУ для предварительной тарировки было оставлено окно $\varnothing 13$ мм.

Работа с ТЭУ-167 зафиксировала [7] резкое падение числа регистрируемых КЛ-событий, пропорциональное площади прозрачного окна. Отсюда был сделан вывод [7], что КЛ регистрируются благодаря сцинтилляционным свойствам стекла (что не противоречит выводу, сделанному с использованием ФЭУ типа DuMont 6292 [4]). С другой стороны, нельзя было исключить, что реакция некоторых экземпляров ФЭУ-167-1 на пролет ядерно-активных частиц обусловлена помимо захвата ядер алюминия во внутреннем покрытии колбы также специфическими сцинтилляционными свойствами К-содержащего стекла их экрана.

Отсюда следовала основная задача данной работы — попытаться выяснить, во-первых, насколько существенна сцинтилляционная реакция боросиликатных стеклянных экранов ФЭУ-167 и, во-вторых, отличается ли она от реакции К-содержащих экранов ФЭУ-167-1.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭКРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОНОВЫХ КЛ

С целью проверки обнаруженной реакции ФЭУ-167 на фоновое излучение мы решили сначала подвергнуть испытанию 15 штук ФЭУ, имеющихся в нашем распоряжении, включая один экземпляр (№ 102) с нарушенным вакуумом. Предполагалось сравнить даемон-чувствительные экземпляры ФЭУ-167-1 (№ 00068, 00091 и 00099) с остальными ФЭУ.

Был изготовлен стенд (рис. 1), в котором был помещен один из самых низкошумящих ФЭУ-167 (№ 00015); к его лицевому экрану сверху на оптическом контакте (глицерин) последовательно монтировались другие исследуемые экземпляры ФЭУ.

Табл. 1. Пример суточной (14–15.04.2009) зависимости числа фоновых событий с разной амплитудой U , регистрируемых ФЭУ-167 (№ 00015) в паре с ФЭУ-167 (№ 00073). В скобках указан статистический разброс ($\pm\sqrt{N}$)

U	18 ³⁰ –19 ³⁰	23 ³⁰ –00 ³⁰	02 ³⁰ –03 ³⁰	06 ⁰⁰ –07 ⁰⁰	08 ³⁰ –09 ³⁰	11 ³⁰ –12 ³⁰	15 ³⁷ –16 ³⁷
≥ 2.4 мВ	1290 (± 36)	1485 (± 39)	1451 (± 38)	1406 (± 37)	1730 (± 42)	1540 (± 39)	1286 (± 36)
≥ 2.8 мВ	896 (± 30)	1000 (± 32)	972 (± 31)	923 (± 30)	1184 (± 34)	1023 (± 32)	970 (± 31)
≥ 3.0 мВ	652 (± 26)	713 (± 27)	734 (± 27)	686 (± 26)	837 (± 29)	737 (± 27)	728 (± 27)

Табл. 2. Количество событий ночью (с 2³⁰ до 3³⁰) на ФЭУ, исследованных в паре с ФЭУ № 00015

Номер ФЭУ	Тип ФЭУ	Кол-во событий
1	ФЭУ-167	1209
4	—	761
7	—	555
8	—	628
73	—	734
101	—	678
00015	—	329
00109	—	717
00356	—	768
00012	ФЭУ-167-1	562
00058	—	755
00068	—	989
00087	—	745
00091	—	647
00099	—	713

На исследуемые экземпляры не подавалось электропитание, только их фотокатод во избежание непредвиденного появления электростатической разности потенциалов соединялся с фотокатодом № 00015. Вся конструкция для светоизоляции помещалась в цилиндрический жестяной кожух.

В качестве источника радиации мы использовали фоновые КЛ. Эксперимент проводился круглосуточно с 28 марта по 27 апреля 2009 г. без перерывов. События с ФЭУ № 00015 регистрировались двухлучевым цифровым запоминающим осциллографом типа С9-8, управляемым персональным компьютером (ПК). Хотя аппаратура позволяет измерять сигналы амплитудой от 0.4 мВ, записывались сигналы с амплитудой больше 2.2 мВ.

В типичном эксперименте, результаты которого даны в табл. 1, к экрану № 00015 был прислонен экран ФЭУ-167 № 73. Для иллюстрации суточной зависимости приведено количество зарегистрированных сигналов разной амплитуды для разных часовых интервалов в течение суток. Видно, что количество событий, зарегистрированных в единицу времени (за 1 ч), меняется сильнее, чем статистический разброс ($\pm\sqrt{N}$).

Суточные изменения числа событий, помимо известных вариаций интенсивности космических лучей [8] и колебаний напряжения в электрической сети, могут быть обусловлены вариацией интенсивности электромагнитных наводок и т. п. Поэтому для сопоставления ФЭУ мы использовали число событий с амплитудой ≥ 3 мВ ночью, в период от 2³⁰ до 3³⁰ ч. Исследуемые ФЭУ заменялись днем и экспонировались сутки.

Из результатов, представленных в табл. 2, видно, что число зарегистрированных событий с № 00015 в комбинации с прислоненными к нему экранами других 14 ФЭУ приблизительно вдвое превышает число событий зарегистрированных изолированным № 00015. Исключением являются только № 1 (1209 событий/ч) и № 102 (последний с нарушенным вакуумом не вошел в табл. 2; в двух измерениях — 1063 и 1431 событий/ч).

В этом плане даемон-чувствительные экземпляры ФЭУ-167-1 (№ 00068, 00091 и 00099) ничем не выделяются (число событий в час: 989, 647 и 713 соответственно) и от ФЭУ-167 не отличаются.

Также отметим вполне заметное влияние различных поверхностей, соприкасающихся с экраном ФЭУ № 00015.

1. Если экран закрыт черной бумагой, число событий за час составляло 329.

2. Если экран закрыт (без оптического контакта) алюминизированной (толщина Al 0.05 мкм) лавсановой пленкой толщиной 6 мкм, число событий в двух измерениях составляло 384 и/или 414 в час.

3. Если к экрану прислонен (на оптическом контакте и фотокатоды соединены) ТЭУ-167 (экран которого из-за внутреннего металлического покрытия хорошо отражает свет), число событий составляет 927 в час, т. е. более чем удваивается (по сравнению с п. 2).

Последнее обстоятельство вполне понятно, если допустить, что стекло экрана ТЭУ под действием частиц КЛ также испускает световые фотоны, которые отражаются его внутренним металлическим покрытием.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭКРАНОВ ФЭУ-167 С ПОМОЩЬЮ ⁶⁰Со-ИСТОЧНИКА

Для дальнейшего исследования сцинтилляционных свойств стеклянного экрана ФЭУ-167 были выполнены эксперименты с ⁶⁰Со β- и γ-источником ($E_\beta = 0.3$ МэВ, $E_\gamma = 1.17$ и 1.33 МэВ). В них использовался контрольный дисковый источник из Al фольги Ø14.5 мм с нанесенной на нее солью ⁶⁰Со.

Для анализа сцинтилляционных свойств регистрировалась зависимость числа событий N от интенсивности их сигнала, т. е. строились спектры. Для этого, как и в предыдущем разделе, использовались цифровые запоминающие осциллографы типа С9-8.

На рис. 2 представлены распределения числа событий N в зависимости от их амплитуды (начиная с $U = 2.8$ мВ) для ФЭУ № 00015 при разных условиях:

А) экран ФЭУ закрыт черной бумагой, экспо-

зиция 1 ч (ночью 20.04.2009 с 2³⁰ до 3³⁰ часов в условиях минимальных наводок); число событий малой амплитуды ($2.8 \leq U \leq 3.6$ мВ) $\dot{n} = 153$ в час;

Б) по центру экрана ФЭУ помещен на оптическом контакте пластмассовый сцинтиллятор $\varnothing 15$ мм и толщиной 4.5 мм (полистирол + 2 %-й терфенил + 0.06 %-й РОРОР [1, 9]), все закрыто черной бумагой, экспозиция 40 мин ($\dot{n} = 285$ в час).

В) по центру экрана ФЭУ помещен ⁶⁰Со-источник; все закрыто черной бумагой, экспозиция 40 минут ($\dot{n} = 404$ в час).

Г) на пластмассовый сцинтиллятор посреди экрана ФЭУ помещен ⁶⁰Со-источник, все закрыто черной бумагой, экспозиция 10 мин ($\dot{n} > 2600$ в час).

Из сравнения (см. рис. 2) вариантов А и Б следует, что пластмассовый сцинтиллятор более чем

вдвое увеличивает число фоновых событий в единицу времени по сравнению со свободным ФЭУ, несмотря на то что площадь сцинтиллятора в ~ 70 раз меньше площади лицевого экрана ФЭУ, а его толщина практически равна толщине экрана ФЭУ. При этом на распределении Б количество событий с амплитудой > 6 мВ сопоставимо с количеством событий с амплитудой < 6 мВ.

Тем не менее в случае В помещение на экран ФЭУ ⁶⁰Со-источника (без сцинтиллятора) также ведет к возрастанию числа регистрируемых событий, но в основном малой амплитуды. Таким образом, экран ФЭУ-167 действительно работает как сцинтиллятор, хотя, как видно из сравнения В с Г, в $\sim 10^2$ раз менее чувствительный, чем пластмассовый.

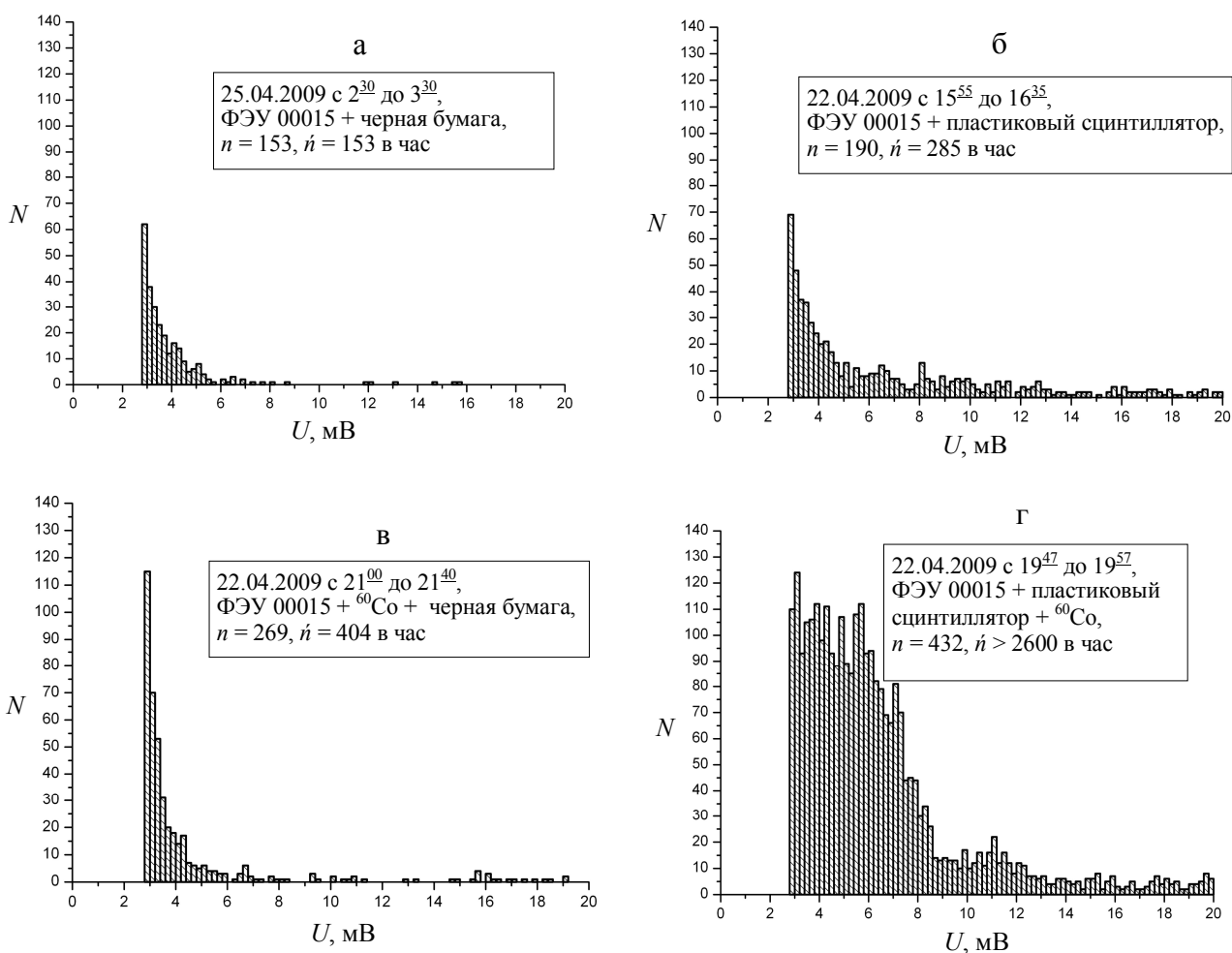


Рис. 2. Гистограммы сигналов, полученных с ФЭУ-167 (№ 00015) при разных условиях (см. текст): а — условие А, б — Б, в — В, г — Г.

n — число событий малой амплитуды ($2.8 \leq U \leq 3.6$ мВ), \dot{n} — число событий малой амплитуды в час

Ожидаемое резкое возрастание числа создаваемых ^{60}Co -источником событий при использовании пластмассового сцинтиллятора с появлением двух отчетливых максимумов в распределении (довольно мощный при $U = 4\text{--}8$ мВ и более слабый при $U = 10\text{--}12$ мВ) видно на рис. 2, г. При этом более интенсивный первый максимум обусловлен, по-видимому, полным поглощением в сцинтилляторе 0.3 МэВ β -излучения — в пластмассе оно поглощается с выделением всей энергии уже на пути ~ 1 мм [10], тогда как более энергичный, но менее интенсивный второй максимум можно приписать действию 1.17 и 1.33 МэВ γ -излучения, которое в пластмассе (или в стекле) на пути ~ 5 мм теряет лишь $\sim 10^{-2}$ своей энергии [10].

Следует учесть [1, 9–11], что γ -излучение возбуждает сцинтилляции благодаря взаимодействию с электронами вещества, причем при энергии $E_\gamma \sim 1$ МэВ благодаря в основном комптон-эффекту. А поскольку концентрация электронов в стекле и пластмассах невелика и в пластмассах составляет

всего $n_e \approx 0.34 \times 10^{24} \text{ см}^{-3}$, то пластмассовые сцинтилляторы редко используются при регистрации γ -излучения. Из гистограммы на рис. 2, в, видно, что рост сигналов малой амплитуды $U \leq 6$ мВ вызван, по-видимому, 0.3 МэВ β -излучением ^{60}Co . С этих точек зрения изучение сцинтилляционных свойств стекла с помощью ^{60}Co γ -источника не является оптимальным вариантом.

Поэтому, для сопоставления сцинтилляционных свойств экранов ФЭУ-167 и ФЭУ-167-1 было решено преобразовать 1.17 и 1.33 МэВ γ -излучения ^{60}Co источника в регистрируемое электронное излучение путем пропускания γ -квантов через слой свинца толщиной 27 мм с концентрацией электронов $n_e \approx 2.7 \times 10^{24} \text{ см}^{-3}$. Такой слой примерно десятикратно ослабляет 1 МэВ γ -излучение [12] с образованием множества вторичных электронов.

Для этого экспериментальный стенд был модернизирован. В него помещались два ФЭУ: один, исследуемый, — лицевым стеклом вниз и ФЭУ № 00015 — лицевым стеклом вверх. Между ФЭУ находился источник излучения ^{60}Co на квадратном свинцовом блоке шириной 46 мм, служащем источником вторичных электронов. Схема эксперимента дана на рис. 3, результаты его — на рис. 4.

На рис. 4, а и б, появился прежде отсутствовавший (на рис. 2, в) широкий пик в области больших энергий ($U = 6\text{--}10$ мВ). Его возникновение связано с наличием свинца, в котором γ -кванты порождают множество вторичных электронов, возбуждающих сцинтилляции в стекле ФЭУ.

Для сравнения сцинтилляционных свойств стеклянных экранов проанализируем поведение узкого пика при малых энергиях (ограничимся диапазоном $U = 2.8\text{--}3.6$ мВ), т. к. его повышенное значение ($\dot{n} = 404$ в час) на рис. 2, в, по сравнению с рис. 2, а ($\dot{n} = 153$ в час), обусловлено появлением вторичных электронов в самом стекле. На рис. 4, а ($\dot{n} = 348$ в час) и б ($\dot{n} = 386$ в час), этот пик при той же экспозиции имеет несколько меньшее значение, поскольку обусловлен γ -излучением, ослабленным после прохода через свинец (хотя число ~ 1 МэВ квантов при этом убывает, но менее энергичные γ -кванты на единице пути выбивают в веществе большее число вторичных электронов).

В случае рис. 4, в и г, (разделительная черная бумага убрана) ФЭУ № 00015 регистрирует также часть сцинтилляций, возбуждаемых ^{60}Co излучением в экране противоположного ФЭУ № 7 (соответственно $\dot{n} = 460$ и 478 в час).

Наконец рис. 4, д и е, представляют результаты, характеризующие сцинтилляционные свойства ФЭУ-167-1 (с экраном из К-содержащего стекла). Здесь $\dot{n} = 454$ и 324 в час, откуда следует, что сцинтилляционная эффективность стекла практически не зависит от наличия в его составе калия.

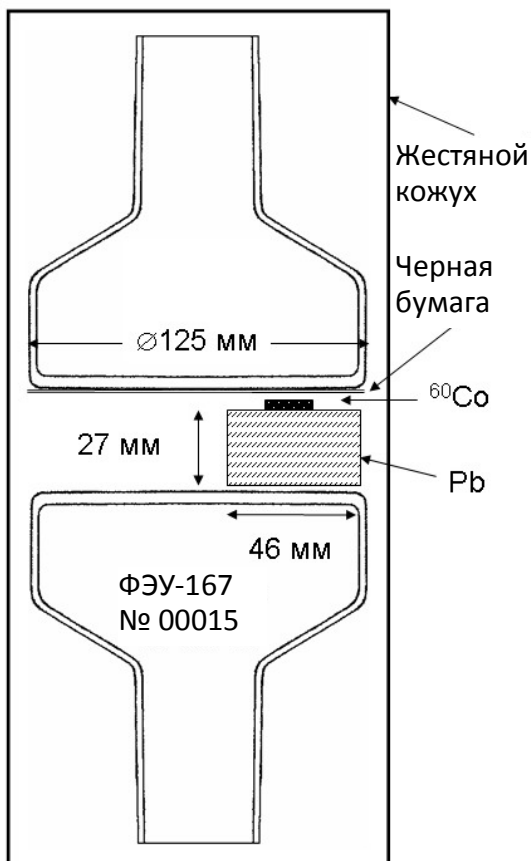


Рис. 3. Схема внутреннего устройства экспериментального стенда для изучения свойств экрана ФЭУ с использованием вторичных электронов

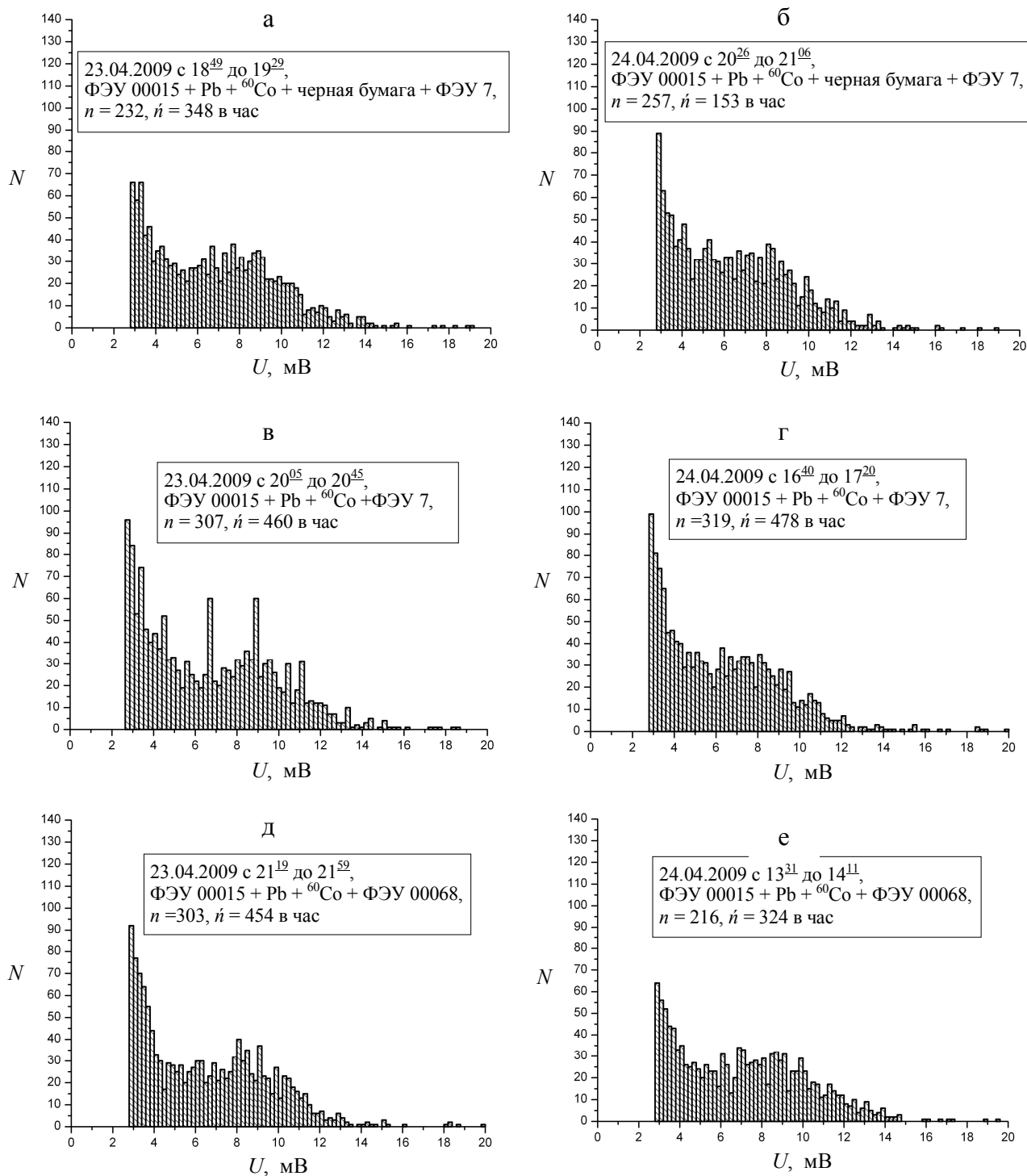


Рис. 4. Гистограммы $N(U)$, полученные с помощью ФЭУ-167 (№ 00015) в системе рис. 3 с экспозицией 40 мин с использованием ⁶⁰Co-источника, частично экранированного свинцом.

На а, б, в, г, д, е — результаты экспериментов соответственно А, Б, В, Г, Д, Е. В экспериментах А, Б, В и Г противоположным был стандартный ФЭУ-167 (№ 7); в случаях А и Б его экран закрыт черной бумагой. В экспериментах В, Г, Д и Е черная бумага убрана, вследствие чего в В и Г за счет света от сцинтилляций в экране противоположного ФЭУ возросло число регистрируемых сигналов малой амплитуды. В случаях Д и Е противоположным был ФЭУ-167-1 (№ 00068, с экраном из К-содержащего стекла) — существенных отличий от случаев В и Г здесь не видно

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследовались сцинтилляционные свойства экранов ФЭУ-167 и ФЭУ-167-1, которые применялись для регистрации ядерно-активных компонентов космических излучений. Для исследования использовались различные источники ядерных излучений: космические лучи, β - и γ -излучение ^{60}Co источника, вторичные электроны.

Разработано три варианта испытательных стендов: 1) для исследования с помощью космических лучей сцинтилляционных свойств лицевых экранов ФЭУ; 2) для демонстрации сцинтилляционных свойств экранов ФЭУ-167 с помощью β - и γ -источника ^{60}Co ; 3) для исследования экранов ФЭУ-167 и ФЭУ-167-1 с помощью вторичных электронов.

Полученные результаты показывают, что часть фоновых сигналов ФЭУ обязана своим появлением сцинтилляционным процессам в стекле их экранов. Установлено, что стекло работает как сцинтиллятор, в $\sim 10^2$ раз менее эффективный, чем полистироловый (с 2 % терфенила + 0.06 % РОРОР). Экспериментально показано, что сцинтилляционная реакция боросиликатных стеклянных экранов ФЭУ-167 не отличается от реакции К-содержащих экранов ФЭУ-167-1.

С точки зрения сцинтилляционной реакции стекла ФЭУ существующее стандартное зеркальное металлическое покрытие, нанесенное изнутри на стекло прикатодной секции колбы, играет положительную роль, поскольку не допускает сцинтилляционные фотоны, идущие из стекла боковых тыльных стенок к внутреннему светочувствительному слою.

Отсюда вытекает практическое следствие: возможность изготовления ФЭУ (и более общо — фоточувствительных электронных приборов) с экранами, изготовленными из сцинтилляционно-активного стекла (материала). Такие приборы предложены и оформлены в виде заявки на изобретение (Э.М. Дробышевский, М.Э. Дробышевский "Устройство для регистрации ядерных и фотонных излучений").

Очевидно, что в некоторых условиях применение таких фотозлектронных приборов с экранами, специально очувствленными к детектируемому излучению и не требующими дополнительных сцинтилляторов, создает определенные преимущества. Так, ввиду меньшего количества рабочих элементов эти приборы имеют большую надежность в работе и меньшую массу (существенно, например, для применений в космических условиях). В них нет потерь света сцинтилляций вследствие перехода света из отдельного сцинтилляционного элемента в светоприемное окно фотозлектронного прибора, что неизбежно в известных сцинтилляционных детекторах. Причем такой

прибор может быть в зависимости от конкретных потребностей и условий использован и как стандартный прибор, регистрирующий не только γ - или X-излучения, но и обычный свет.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (гос. контракт № 02.740.11.0201).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Birks J.B.* The theory and practice of scintillation counting. Pergamon, 1964. 662 p.
2. *Hayes F.H., Hiebert R.D., Schuch R.L.* Low energy counting with a new liquid scintillator solute // Science. 1952. V. 116. P. 140.
3. *Birks J.B., King J.W.* The luminescence of air, glass and quartz under α -particle irradiation // Proc. Phys. Soc. 1953. V. B66. P. 81–84.
4. *Backer E.M., Tolbert B.M.* "Cosmic-ray" effect in photomultiplier tubes // Rev. Sci. Instr. 1954. V. 25. P. 1218–1219.
5. *Марков М.А.* Элементарные частицы максимально больших масс (кварки, максимоны) // ЖЭТФ. 1966. Т. 51, № 3. С. 878–890.
6. *Drobyshevski E.M., Drobyshevski M.E.* Dark electric matter objects: history of discovery, modes of interaction with matter, some inferences and prospects // Dark Matter in Astroparticle and Particle Physics (DARK-2007, Sydney) / H.V. Klapdor-Kleingrothaus, G.F. Lewis, eds. World Scientific, 2008. P. 549–561.
7. *Дробышевский М.Э.* Особенности реакции фотоэлектронных умножителей на фоновое космическое излучение // ЖТФ. 2010. Т. 80, № 4. С. 145–148.
8. *Мурзин В.С.* Астрофизика космических лучей. Логос-М, 2007. 488 с.
9. *Сидоренко В.В., Кузнецов Ю.А., Оводенко А.А.* Детекторы ионизирующих излучений. Справочник. Л.: Судостроение, 1984. 240 с.
10. *Прайс В.* Регистрация ядерного излучения. М.: ИИЛ, 1960. 464 с.
11. *Медведев М.Н.* Сцинтилляционные детекторы. М.: Атомиздат, 1977. 136 с.
12. *Федоров Н.Д.* (составитель) Краткий справочник инженера-физика. Ядерная физика. Атомная физика. М.: Госатомиздат, 1961. 508 с.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург

Контакты: *Дробышевский Михаил Эдуардович*, miked@mail.ru

Материал поступил в редакцию 28.06.2010.

STUDY OF THE PHOTOMULTIPLIER TUBES' RESPONSE TO NUCLEAR RADIATIONS

M. E. Drobyshevsky, S. V. Bobashev

Ioffe Physical-Technical Institute of RAS, Saint-Petersburg

The scintillation properties of face screens of standard PMTs of FEU-167 type (boron-silicate glass) and FEU-167-1 type (potassium-containing glass) are studied. Three modifications of the developed test stand permitted to use both cosmic rays and ^{60}Co radioactive source. Scintillation efficiency of these glasses is found to be of about 10^{-2} of a polystyrene scintillator (2 % terphenyl + 0.06 % POPOP) efficiency and does not depend on the potassium presence. It is suggested to produce PM tubes with the face screens made of scintillation-active (e.g., Ce-doped) glasses which can in certain cases make unnecessary use of separate outer scintillator.

Keywords: photoelectron multiplier tubes, scintillators, scintillating glasses, scintillation effects in the PMT glasses