

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ

ДП ТО Сибирский научно – исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, Томск, Россия, migranis@mail.ru

И.А.Мельник

1. Введение

Исследования по воздействию вращающихся объектов (электродвигателей, маховиков) на показания детекторов ионизирующего излучения выявили удивительные эффекты. Например, в работе [1] получены следующие экспериментальные результаты: в сравнении с фоном, при включенном гироскопическом электродвигателе показания сцинтилляционного и газоразрядного интенсиметров уменьшаются, при вращении маховика по инерции (электродвигатель выключен), показания счетчиков уменьшаются еще больше; обнаружен эффект последействия. В связи с этим, представляет интерес серия публикаций на тему дистанционного влияния вращения на результаты, получаемые при полупроводниковой гамма спектрометрии радиоактивных изотопов.

За три года опытных работ были выявлены следующие закономерности: во-первых, в режиме вращения относительно статичного режима число регистрируемых в единицу времени гамма - квантов уменьшается; во-вторых, показания энергии гамма - квантов (амплитуды импульса) меняются как в сторону уменьшения, так и увеличения; в-третьих, форма статистических распределений может уширяться и становиться мультиплетной [2]. Влияние вращения на форму распределения представляет особый интерес, так как этот эффект аналогичен результатам, полученным С.Э.Шнолем [3], но превосходит их по величине, получается в контролируемых условиях и не требует применения трудоемких нестандартных методик обработки.

Данная работа представляет обзорный анализ проведенных опытов и обсуждение условий образования статистических аномалий.

2. Описание экспериментов

В этом разделе показана принципиальная схема эксперимента и определены возможные источники шумов и их влияние на результаты опытов.

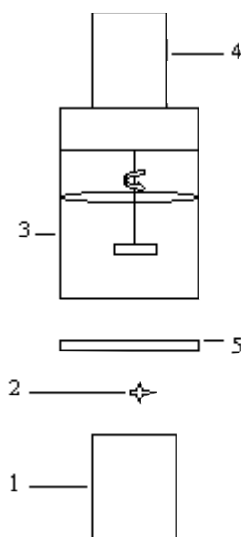


Рис.1. Принципиальная схема эксперимента.

- 1-ППД;
- 2-радиоактивный источник;
- 3-стакан с жидкостью;
- 4-электродвигатель;
- 5-катушка с перекрученной нитью.

На рис.1 отмечены полупроводниковый детектор (1), источник гамма-излучения (2) и стальной стакан с жидкостью (3), расположенные на одной вертикальной оси. Вихревое вращение жидкости создавалось лопастями, посаженными на вал электродвигателя (4). Кроме того, в качестве вращающихся объектов применялись стальные диски (без стакана с жидкостью). Двигатель коллекторный, мощностью 250 Вт, крепился к стойке. Вал двигателя, вращающийся с угловыми скоростями 2100 об/мин и 6000 об/мин, располагался над радиоактивным источником на расстояниях, определяемых условиями экспериментов. Источники (^{137}Cs , ^{60}Co и др.) крепились на подставках, позволяющих устанавливать нужное расстояние до полупроводникового детектора (ППД). Расстояние от радиоактивного источника до детектора подбиралось таким образом, что бы площадь пика S соответствовала 8000-11000 импульсам за время набора спектра не более одной минуты. Обычно применялись стандартные источники излучения типа ОСГИ. Помимо этого, использованы источники, полученные на Томском исследовательском ядерном реакторе (ИРТ-Т) по методике нейтронно-активационного анализа. Размер этих источников не превышал 0,25 см².

В качестве измерительной аппаратуры использовался полупроводниковый Ge(Li)-детектор ДГДК-63в; предусилитель ПУГ-2К; усилитель БУИ-3К и анализатор АМА-02Ф1. Измерялись площадь пика полного поглощения, пропорциональная числу регистрируемых квантов (импульсов) данной энергии, и центр тяжести пика, пропорциональный энергии фотона (амплитуде импульса) от различных источников радиоактивного излучения. На рисунке 2 показан энергетический спектр гамма – квантов, выводимый на экран анализатора. Спектр набирался в процессе одновременной регистрации излучения от радиоактивных изотопов ^{137}Cs и ^{60}Co . Обработка анализируемого спектра проводилась программой "Search", разработанной в Дубне. Ширина энергетического разрешения исследуемых пиков не превышала 3 кэВ. За один час измерений дрейф центра тяжести пика в сторону повышения либо понижения не превышал 0,5 кэВ.

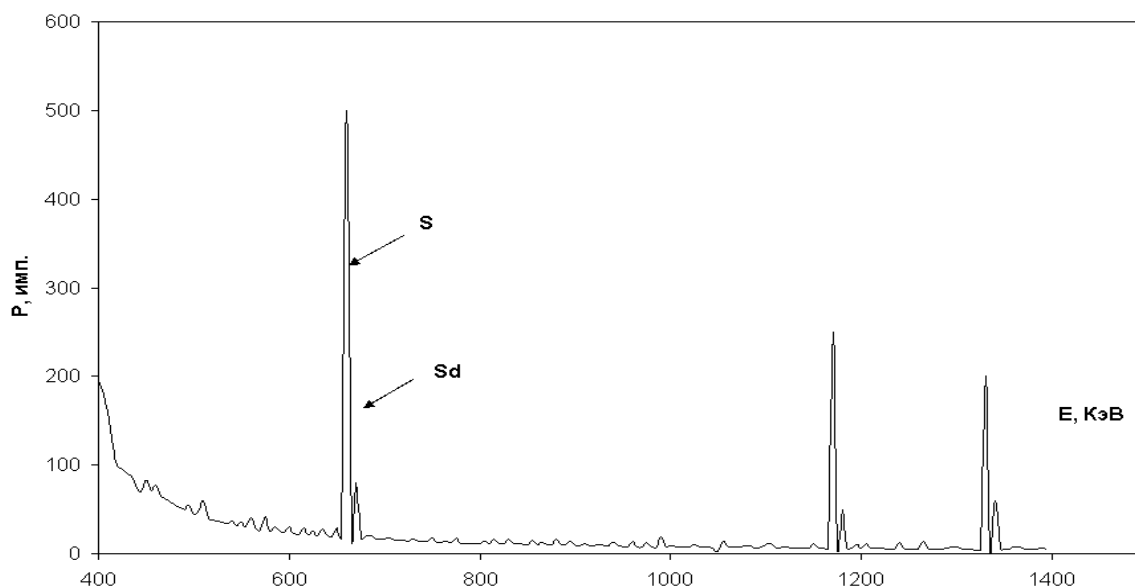


Рис.2 Импульсно-энергетический спектр гамма-квантов, Sd - пик-дубль, S - пик полного поглощения.

Измерение пика проходило в двух режимах: при работе двигателя и после его остановки. Причем, вращение производилось как по часовой, так и против часовой стрелки (вид сверху). Во время проведения эксперимента контроль качества измерений проводился при каждом наборе спектра. Выяснено, что при значительном изменении напряжения или появлении токов утечки (вследствие повышения влажности) происходит увеличение ширины пика, т.е. ухудшается энергетическое разрешение. Соответственно, снижается точность определения площади пика. Исследования показали, что изменение температуры и

напряжения на площадь пика не влияли. Влияние возможно только при наличии дрейфа несколько $kэВ$ за время набора спектра.

Так как форма пиков близка к распределению Гаусса, они характеризуется центром тяжести (первая производная у функции, аппроксимирующей пик, обращается в нуль). Центр тяжести пиков определяет его положение на энергетической шкале. При каждом измерении производилась регистрация центра тяжести пика.

В эксперименте проводился сравнительный анализ показаний в двух режимах. С целью избежания систематической ошибки (дрейфа центра тяжести) после каждых десяти измерений изменялся режим эксперимента. Происходило чередование измерений при двух режимах. Изучалось статистическое распределение отношений центра тяжести в режиме вращения E_{rot} к центру тяжести в отсутствии вращения E_{st} . Это дало возможность существенно снизить влияние дрейфа.

Стойка электродвигателя крепилась к массивному стальному столу, а заполненный жидким азотом сосуд Дьюара, необходимый для охлаждения ППД, располагался на мягкой платформе, что предотвращало передачу незначительной вибрации от электродвигателя к детектору.

Единственное, что в данных исследованиях не удалось предотвратить, так это возможное влияние электромагнитных полей электродвигателя на входной каскад предусилителя. Хотя амплитуда возникающих помех ниже порога дискриминации, они могут увеличить общее "мертвое" время и уменьшить площадь пика полезного сигнала. В работе [4] дан теоретический анализ этой ситуации, где показано, что учет интегрального спектра (всей энергетической шкалы анализатора) в эксперименте позволяет избежать основных неучтенных влияний электромагнитного поля на статистику.

Статистический анализ экспериментальных результатов проводился с 95% степенью достоверности.

3. Экспериментальные результаты, полученные при воздействии на систему "радиоактивный источник-детектор"

Рассмотрим экспериментальные результаты, связанные с изменением направления вращения (по часовой и против часовой стрелки, вид сверху) (рис.3). Стальной диск диаметром 90 мм толщиной 5 мм, закрепленный на валу электродвигателя, вращался с угловой скоростью 6000 об/мин. В каждом режиме производились по 60 измерений площади пика энергией 661,6 кэВ изотопа Cs^{137} . Расстояние между диском и радиоактивным источником – 97 мм, между источником и детектором – 20 мм. Среднее значение площади пика в режиме отсутствия вращения $S_{st}=11734$ имп., стандартное отклонение $\delta=362,5$ имп., что соответствует ~3%. В режиме вращения против часовой стрелки среднее отклонение площади пика (сдвиг распределения), относительно статичного режима, соответствует – 11,6%, а по часовой стрелке – 25,9 %. Проведенный однофакторный дисперсионный анализ относительно статичного режима показал, что сравнительные статистические выборки (при вращении и в отсутствии вращения) не являются идентичными объектами.

Многочисленные экспериментальные исследования выявили, что при различных расстояниях между диском и детектором, величина сдвига и форма распределения в режиме вращения меняется относительно статичного режима. Причем, величина сдвига распределения в опытах с вращением против часовой стрелки, в основном, больше чем в опытах с вращением по часовой стрелке.

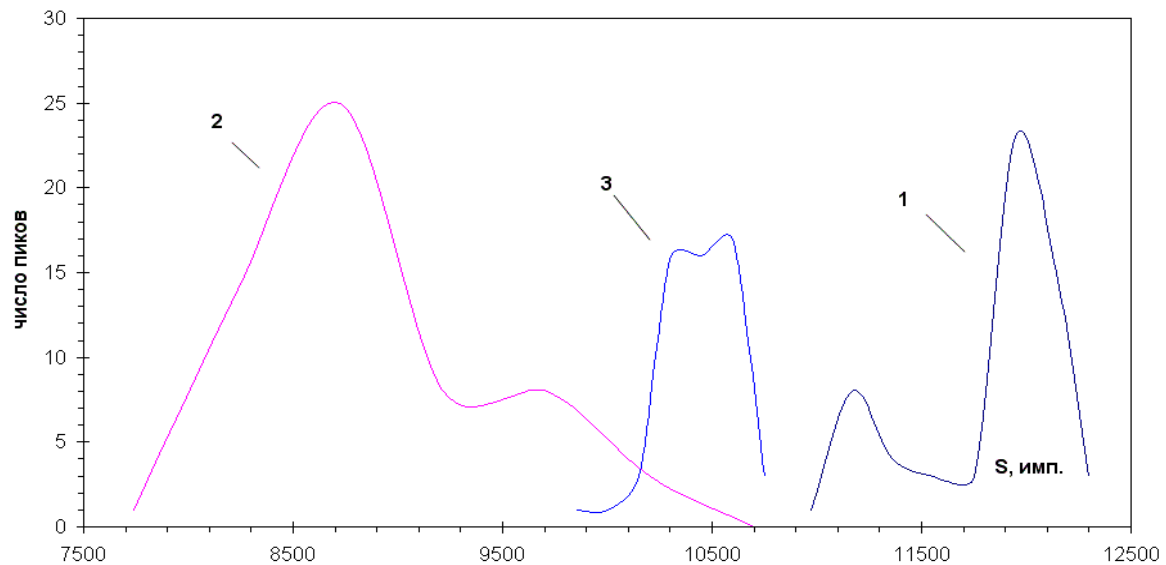


Рис.3. Распределение числа пиков полного поглощения при измерении интенсивности излучения фотонов. 1- режим отсутствия вращения, 2-вращение по часовой стрелке, 3-вращение против часовой стрелки.

Вследствие того, что величина сдвига распределения зависит от направления вращения, можно предположить, что поле воздействия имеет пространственную ориентацию (левую, либо правую), и поэтому на величину сдвига окажет влияние ортонормированное вещество, экранирующее данное поле. В качестве экрана, расположенного между валом электродвигателя и источником излучения, применялись полиэтиленовые катушки диаметром 70 мм и высотой 20 мм как с правозакрученной, так и с левозакрученной капроновой нитью (рис.1). Исследовались относительные распределения пиков двух выборок, в различных режимах вращения и в режиме отсутствия вращения $Sr^{rot} = P_{rot}/P_{st}$ (рис.4). На диаграмме отражена поглощающая способность катушки, где среднее отклонение при отсутствии катушки – 2,6%, с катушкой – 0,9%. В статистическом дисперсионном анализе относительных распределений были определены коэффициенты Фишера [2]. При сравнении коэффициентов, полученных из опытов без катушек и с катушками заметно их уменьшение. Причем, с левозакрученной нитью при вращении по часовой стрелке уменьшение коэффициента в ~16,6 раз, против часовой в ~19 раз. С правозакрученной нитью при вращении по часовой стрелке уменьшение коэффициента в ~20 раз, против часовой в ~5 раз. С левозакрученной нитью поле воздействия проходит через катушку только при вращении вала двигателя по часовой стрелке, а с правозакрученной нитью в большей степени при вращении против часовой стрелки. Таким образом, катушка явилась поглотителем поля воздействия.

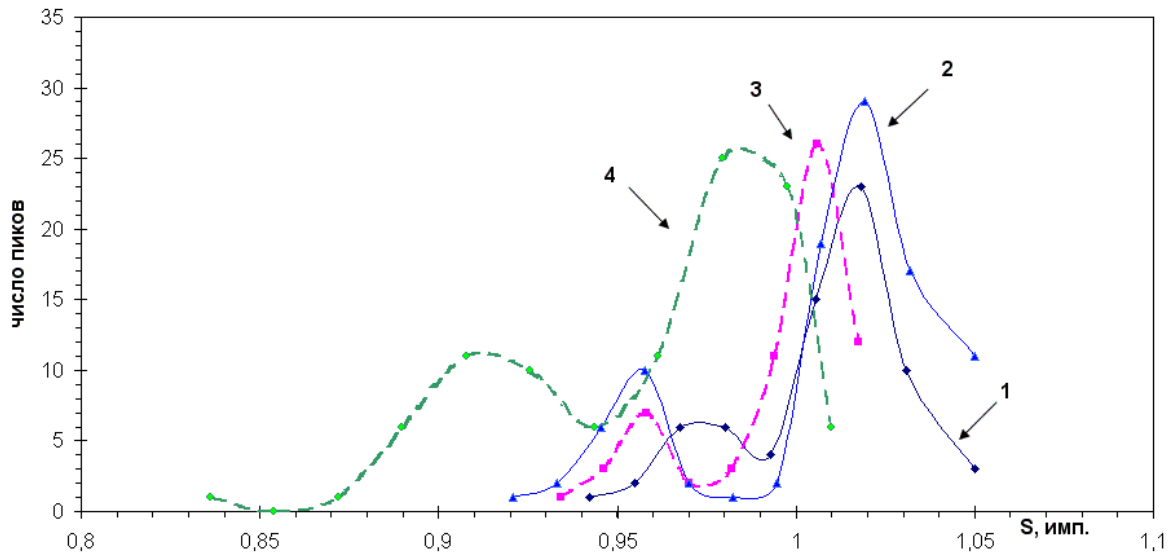


Рис.4. Распределение числа пиков полного поглощения при измерении интенсивности излучения фотонов изотопа цезия в режиме вращения по часовой стрелке где, 1-режим выключенного электродвигателя, с катушкой "левой" нити; 2-режим выключенного электродвигателя, без катушки; 3-режим вращения, с катушкой; 4-режим вращения, без катушки.

В следующих экспериментах генератором поля воздействия служили три стальных диска, насаженных поочередно на вал электродвигателя, диаметром 90 мм и толщиной 5 мм. Между дисками и изотопом ^{137}Cs расстояние около 100 мм. Марка стали – 40ХА. Первый диск вытачивался из нового материала, второй и третий диски - после года эксплуатации на производстве в режиме значительных нагрузок. Таким образом, два последних диска отличаются от первого накопленной усталостью металла, т.е. внутренних дефектов у них значительно больше. При расстоянии между изотопным источником и детектором, равном 15 мм, в статичном режиме получены следующие результаты: средняя площадь пика $S_{st}=12248$ имп., стандартная ошибка $\sigma =38$ имп., время набора спектра ("живое") $t=35$ сек. Далее, проводились измерения в режимах вращения. Вычислялась разница (сдвиг) в показаниях средних значений пика $\Delta S_{rot}^n=S_{st}-S_{rot}^n$, где коэффициентом "n" обозначен номер исследуемого диска. Получены следующие результаты: $\Delta S_{pr}^1=4207$ имп., $\sigma =235$ имп., $\Delta S_{po}^1=5337$ имп., $\sigma =196$ имп.; $\Delta S_{pr}^2=1146$ имп., $\sigma =64$ имп.; $\Delta S_{po}^2=423$ имп., $\sigma =42$ имп.; $\Delta S_{pr}^3=722$ имп., $\sigma =129$ имп.; $\Delta S_{po}^3=789$ имп., $\sigma =44$ имп. Видна явная зависимость сдвига средних значений площади пика и зависимость ее дисперсии от состояния внутренней структуры вращающегося объекта.

В свою очередь, был проведен эксперимент с одним диском (марка стали Ст3), при котором диск вытачивался из нового материала, и относительные измерения проводились в следующей последовательности: в начале с "новым" диском, затем на поверхность диска наносились глубокие насечки зубилом и измерения повторялись. При увеличении количества насечек разница ΔS_{rot} и фактор Фишера уменьшались. Что подтверждает предыдущий вывод.

С целью исследования зависимости загрузки детектора на величину сдвига площади пика при относительном измерении, были проведены по 50 измерений ^{137}Cs в различных режимах на расстояниях 1; 2; 4 сантиметров от детектора при неизменном расстоянии от дна стакана. В этом случае происходит изменение загрузочных характеристик детектора. С увеличением расстояния от источника до детектора, сдвиг распределения уменьшался. Однофакторный дисперсионный анализ для двух вариантов распределений дал следующие коэффициенты: $F_{1-4}=150,9$ и $F_{2-4}=6,6$ при $F_k=3,9$. Следовательно, при увеличении загрузки детектора пропорционально увеличивается разница в показании распределения площади

пика для различных режимов измерений, относительное распределение амплитуды для двух вариантов при этом не изменилось.

При изучении зависимости величины сдвига статистического распределения от пространственного расположения системы "источник-детектор" относительно электродвигателя вдоль оси вала было замечено изменение данной величины, вплоть до полного совпадения распределений при измерениях в режимах вращения и отсутствия вращения. В пределах 10÷30мм от объекта вращения (при скорости вращения жидкости 2100 об/мин) отмечается максимальная величина сдвига в распределениях пика.

С целью исследования влияния местоположения источника излучения относительно вращающегося объекта на величину сдвига распределения проведен следующий эксперимент. В режиме отсутствия вращения последовательно измерялась интенсивность фотонов двух изотопов цезия на расстояниях от поверхности детектора 29 мм и 25 мм. Причем, расстояние подбиралось таким образом, чтобы загрузка на детектор от двух источников была одинаковая (в статичном режиме). В начале осуществлялось 60 измерений первого источника ("живое" время измерения $t_g=50$ с), затем второго источника ($t_g=50$ с). Исследования повторились при вращении вала электродвигателя (против часовой стрелки), с угловой скоростью 6000 об/мин (рис.5). Получены следующие результаты: для первого источника среднее значение площади пика сдвинулось на 4,6%, для второго на 13,2%. Коэффициенты Фишера между распределениями двух изотопных источников в различных режимах измерений; $F_{st}^{1-2}=0,01$ и $F_{pr}^{1-2}=425,5$. Результаты эксперимента подтверждают присутствие поля воздействия, связанного с вращением, и потенциал этого поля в каждой точке пространства различен. По всей видимости, генерируемое вращением поле влияет на внутреннюю структуру возбужденного ядра. При повторении данного опыта результаты подтвердились вплоть до сохранения форм распределений.

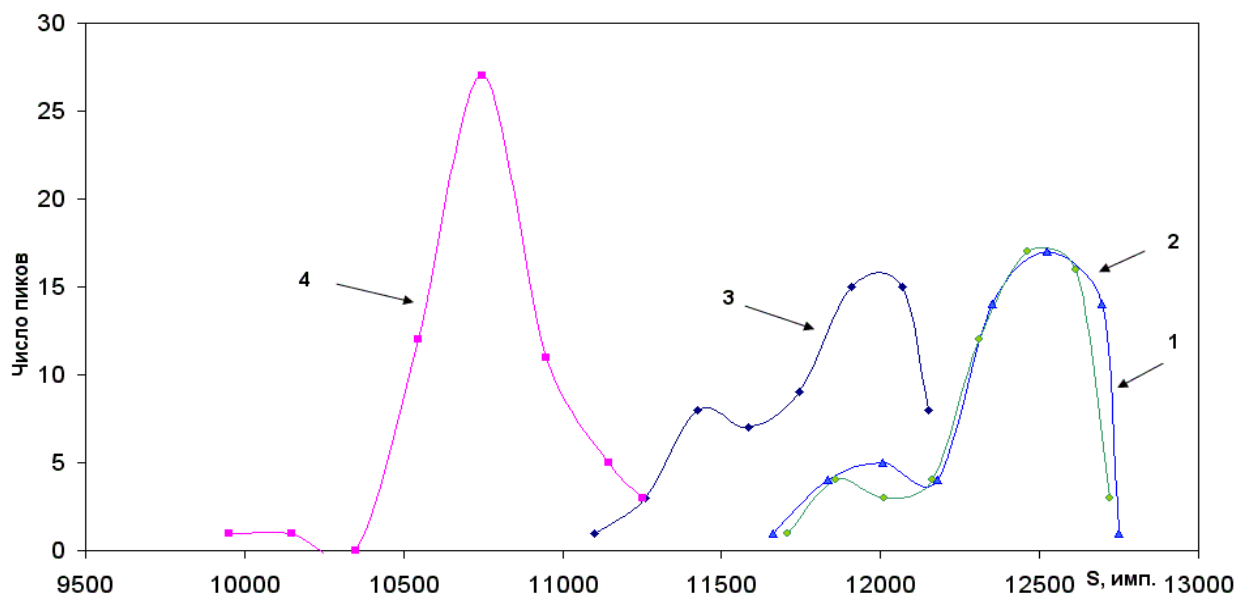


Рис.5. Распределения пиков полного поглощения при измерении интенсивности излучения фотонов. 1;2 - номер изотопа цезия в режиме отсутствия вращения, 3-измерение первого изотопа в режиме вращения, 4-измерение второго изотопа в режиме вращения.

Таблица №1

Изотоп	E , кэВ	Кол -во изм.	Реж им изм.	Q_p	S , Имп.	σ , имп.	Δ_p , имп.	L , имп.	Q_E	Δ_E , кэВ	M_E (отн.ед.)	σ_E , $\times 10^{-6}$ (отн. ед.)
⁶⁵ Zn	1115	350	<i>St</i>	<i>D</i>	11326	11,5	250	-	<i>N</i>	-	1.000016	3.7
			<i>Rot</i>	<i>D</i>	10899	42,9	200	3400				
⁸⁶ Rb	1077	150	<i>St</i>	<i>D</i>	10500	16,4	250	-	<i>T</i>	1076,91 –	0.999984	5.7
			<i>Rot</i>	<i>D</i>	9959	89,7	300	4500		1077,08		
²⁴¹ Am	59	100	<i>St</i>	<i>N</i>	11972	17,6	-	-	<i>N</i>	-	1.000051	68.0
			<i>Rot</i>	<i>D</i>	11839	24,1	100	540				
¹³⁷ Cs	661. 6	426	<i>St</i>	<i>D</i>	11018	11,7	500	-	<i>N</i>	-	0.999978	7.1
			<i>Rot</i>	<i>D</i>	11018	12,8	400	1000				
²² Na	1274	100	<i>St</i>	<i>N</i>	10352	19,0	-	-	<i>N</i>	-	1.000013	10.0
			<i>Rot</i>	<i>N</i>	10286	14,0	-	-				
¹²² Sb	603	150	<i>St</i>	<i>D</i>	10091	14,7	150	-	<i>N</i>	-	0.999981	9.7
			<i>Rot</i>	<i>D</i>	10064	15,0	200	-				
¹⁵² Eu	122	150	<i>St</i>	<i>D</i>	10266	13,2	150	-	<i>D</i>	122 –	1.000053	19.5
			<i>Rot</i>	<i>D</i>	10247	12,4	150	-		122,02		
⁶⁰ Co	1332	150	<i>St</i>	<i>N</i>	10938	27,3	-	-	<i>D</i>	1331.9-	0.999950	8.9
			<i>Rot</i>	<i>N</i>	8500	87,9	-	2450		1332.18		

В таблице №1 даны результаты измерений определенных энергий (второй столбец) при воздействии генерируемого вращением поля на различные изотопы. Измерение проводилось при вращении жидкости с угловой скоростью 2100 об/мин (*Rot*), либо в режиме отсутствия вращения (*St*). Тип статистического распределения интенсивности фотонов Q_p , обозначается следующими буквами; распределение в форме дуплета *D*, в форме триплета *T*, а также близкий к нормальному (пуассоновскому) *N*. Средние значения площади пика S , стандартная ошибка σ , разница между модами крайних распределений в мультиплете Δ_p даны в 6 – 8 столбцах. В следующем столбце буквой L обозначена длина "хвоста" распределения импульсов, направленного от среднего в сторону уменьшения интенсивности. В последних четырех столбцах даны те же значения для относительной энергии, причем изучалось распределение отношений E_{rot}/E_{st} . M_E обозначает медиану статистического распределения относительной энергии.

В качестве примера на рис.6 показано распределение пиков и амплитуды импульсов при измерении (в режиме вращения) изотопа цинка. Проявляется обратная корреляция амплитуды и площади пика с коэффициентом (-0,54). Причем, только в измерениях с изотопом цинка обнаружены резонансные явления, как для площади пика, так и для амплитуды импульсов.

В процессе изучения воздействия вращающейся среды (жидкости) на интенсивность радиоактивного изотопа был обнаружен эффект сохранения непуассоновского (мультиплет) статистического распределения после прекращения воздействия источника возмущения (фантомная память) на систему "ППД - ¹³⁷Cs" [5]. Измерение пика проходило в различные периоды времени; сразу после отключения вращения двигателя ($t=0$), через сутки с момента отключения ($t=1$) и через пять суток ($t=5$) при ($L=0$) (рис.7). Источник фотонов приклеивался к кожуху детектора на расстоянии 30 мм от его поверхности, поэтому пространственное положение источника относительно детектора оставалось неизменным.

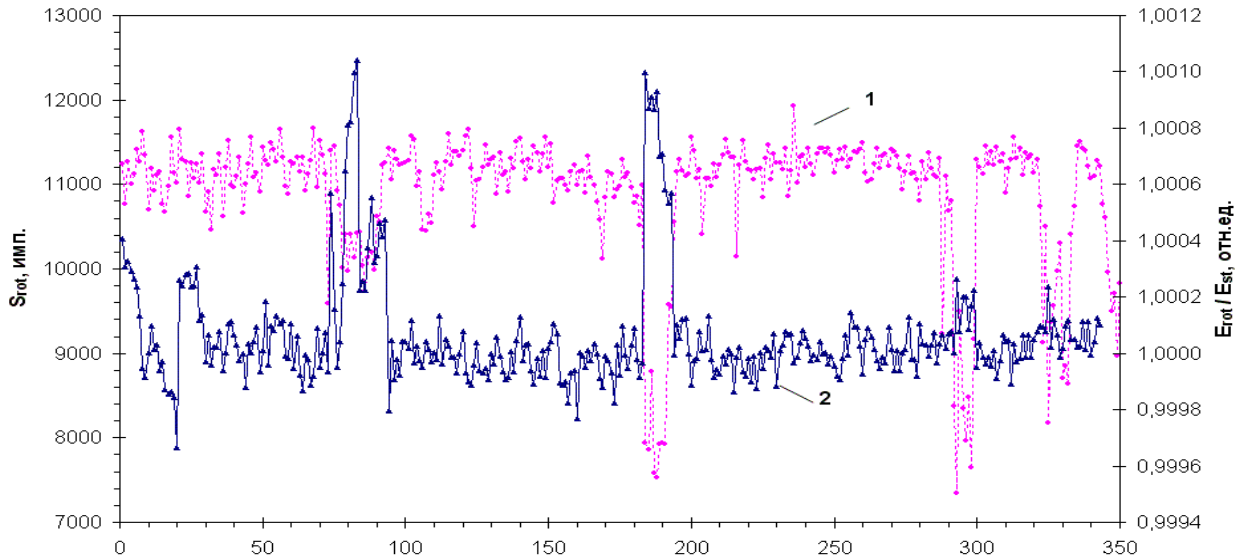


Рис.6. Зависимость площади пика (1) и относительной амплитуды импульсов (2) от номера измерения, при измерении изотопа цинка в режиме вращения жидкости.

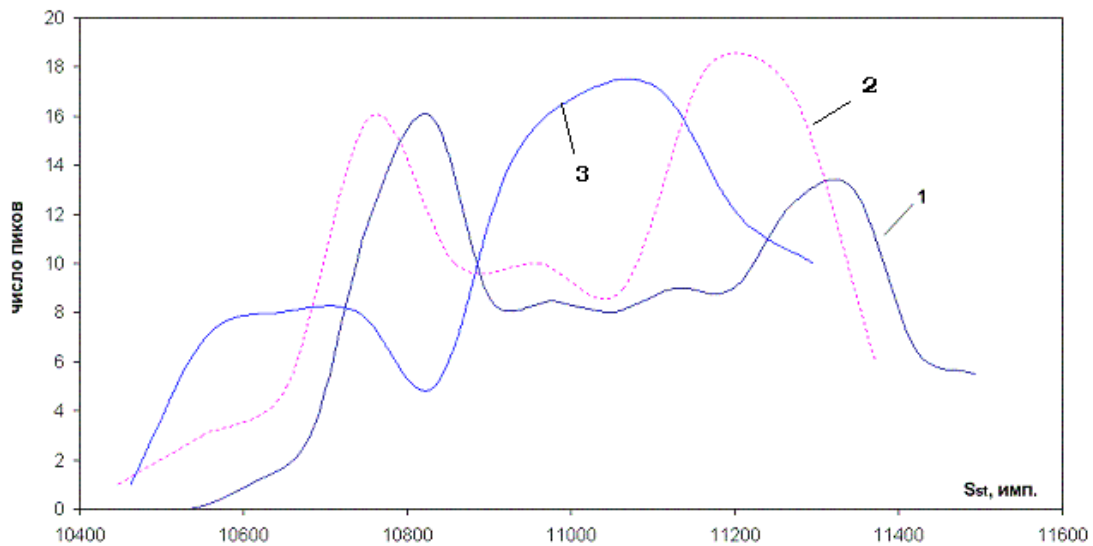


Рис.7. Распределение пиков полного поглощения при измерении интенсивности излучения фотонов ^{137}Cs в режиме отсутствия вращения где, 1-после отключения электродвигателя, 2-через сутки с момента отключения, 3-через пять суток.

В первоначальном положении изотоп находился на расстоянии двух сантиметров вниз от дна стакана ($L=0$), затем вместе с детектором его смещали на расстояние два и шесть метров ($L=2$; 6) в сторону от стакана (**рис. 8**).

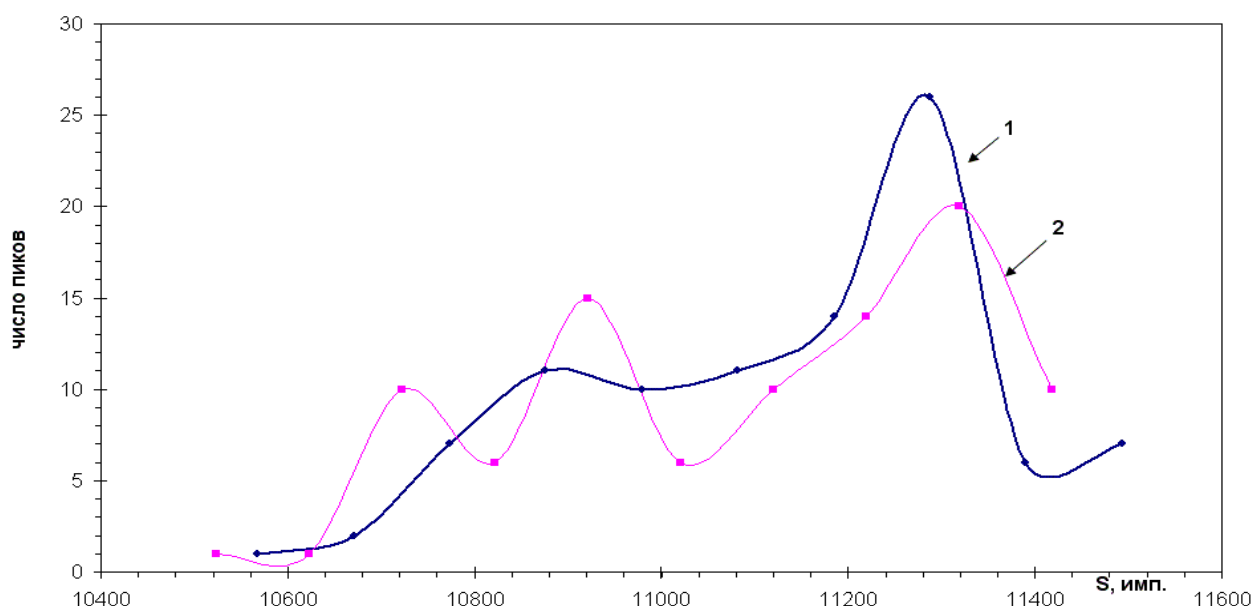


Рис.8. Распределение пиков полного поглощения при измерении интенсивности излучения фотонов изотопа цезия в режиме отсутствия вращения, через пять суток где, 1-на расстоянии 2 м, 2-на расстоянии 6 м от электродвигателя.

В таблице №2 даны экспериментальные результаты измерений, сделанных в различные периоды времени t и на различном расстоянии L . Тип статистического распределения Q обозначается следующими значениями; распределение формы дуплета D , увеличение ширины высокоинтенсивного распределения при значительном уменьшении высоты низкоинтенсивного DU , "высокоинтенсивное" распределение близкое к нормальному Nu и образование распределения в форме триплета T . Среднее значение S , дисперсия s^2 , стандартная ошибка σ и медиана M даны в следующих столбцах.

Таблица 2.

t , сутки	L , м	Кол-во изм.	Q	S , имп.	s^2	σ , имп.	M , имп.
0	0	426	D	11018	58315	11.7	11043
1	0	100	D	10984	62692	25.0	11007
	2	100	T	11076	49696	22.3	11101
	6	100	Nu	11060	44903	21.2	11115
5	0	100	DU	10933	52422	22.9	10967
	2	100	Nu	11107	56525	23.7	11166
	6	100	T	11079	61610	24.8	11126

Статистическое распределение площади пика при отсутствии аппаратных влияний, должно быть нормальным (пуассоновским). Соответственно, распределения двух совокупностей выборок, полученных при одном и том же условии измерений, должны совпадать (в рамках традиционных представлений). При проверке нулевой статистической гипотезы между выборками, однофакторный дисперсионный анализ показал значения критерия Фишера, занесенные в таблицу №3 (внутри временной группы). Критическое значение данного критерия $F_k=3,8$. При анализе совокупностей выборок, полученных при измерении площади пика, через определенное время и на различном расстоянии выявляются следующие закономерности:

совокупности выборок не совпадают при их наборе в различных пространственных точках ($L=2$; 6), в сравнении с нулевой точкой ($L=0$);

различие выборок на пять суток измерений более значительно, чем в первые сутки (таблица 3).

Таблица 3.

$L(t=1)$	6	2		
0	5.3	7.4		
2	0.2		27.9	2
		0.6	18.8	6
		2	0	L ($t=5$)

Из таблицы №3 видно, что после отключения электродвигателя с течением времени различие распределений пика в разных точках пространства относительно местоположения вращающегося объекта ($L=0$) увеличивается. Вероятно, это связано с тем, что потенциал поля воздействия в разных пространственных точках с течением времени меняется неодинаково.

До момента проведения исследований тип распределения в нулевой точке был нормальным (пуассоновским).

Проявление эффекта последействия предполагает присутствие физического поля в метастабильном состоянии.

Анализ аппаратурного спектра в измерениях изотопа цезия выявил еще один пик со средней энергией 669,6 кэВ (рис. 2). Причем, его частота появления (i) в выборке различна для разных режимов и геометрий измерений. Назовем его пик-дубль S_d . При первом измерении в режиме отсутствия вращения $S_{d1}^{st}=874$ имп., $\sigma =54,1$ имп., $i=15\%$. Соответственно, определяем среднюю площадь пика-дубля с учетом частоты появления в выборке аппаратурных спектров, т.е. $s_d=S_{d1}^{st}/100$, где $s_{d1}^{st}=13$ имп. При вращении против часовой стрелки $S_{d1}^{pr}=1197$ имп., $\sigma =15,5$ имп., $i=76\%$, $s_{d1}^{pr}=917$ имп. При измерении другого источника цезия получили следующие значения: $S_{d2}^{st}=904$ имп., $\sigma =34,0$ $i=13\%$ $s_{d2}^{st}=120$ имп., $S_{d2}^{pr}=1237$ имп., $\sigma =19,6$ имп., $i=93\%$ $s_{d2}^{pr}=1154$ имп. Таким образом, происходит значительное увеличение площади пика-дубля в режиме вращения относительно режима отсутствия вращения. Разница в показании энергии пика-дубля (во втором измерении), при сравнении режимов (Pr) и (St), составляет $\Delta E_{st}^{pr}=0,87$ кэВ при $\sigma^{pr}=0,04$ кэВ. Увеличение загрузки детектора также увеличивает пик-дубль, например, в одновременном измерении двух источников изотопа цезия определены следующие значения $s_{d3}^{st}=1442$ имп., $s_{d3}^{pr}=1869$ имп.

С целью изучения поведения пика-дубля в зависимости от энергии регистрируемого фотона, одновременно с цезием измерялись пики ^{60}Co с энергией 1173 кэВ и 1332 кэВ и соответственно площади пиков-дублей с энергией 1183 кэВ и 1343 кэВ. Результаты экспериментов занесены в таблицу 4. В этом случае, энергия регистрируемого излучения и загрузка детектора увеличиваются. При сравнении двух экспериментов по цезию, динамика изменения площадей пиков-дублей для различных режимов измерений заметно отличается. При повторении эксперимента совместно с кобальтом, разница энергии пика-дубля цезия следующая: $\Delta E_{st}^{pr}=1,37$ кэВ при $\sigma^{pr}=0,087$ кэВ.

Таблица 4.

	S^{661}	S^{1173}	S^{1332}	s_d^{669}	s_d^{1183}	s_d^{1343}
St	10123	9505	8886	1829	120	0
Pr	5536	4742	3988	687	710	522
Po	7085	6386	5769	1331	1543	1173

Измерения аппаратурного спектра в режимах вращения по часовой и против часовой стрелки проводились в разные дни. Затем были изучены корреляционные зависимости выборок пиков и пиков-дублей для всех режимов. Полученные коэффициенты корреляции занесены в таблицу 5. Для уменьшения размеров таблицы столбцы, в которых все коэффициенты корреляции меньше 0,6, были удалены. Выявлены следующие закономерности:

1. Корреляция присутствует только в режимах вращения;

2. Корреляция выборочных значений может присутствовать в независимых друг от друга экспериментах;

3. Между пиками и пиками-дублями корреляция, в данном случае, положительная.

В дальнейшем были исследованы 24 выборки площадей пиков цезия, полученных в разное время и в различной геометрии на предмет корреляции выборочных значений. Получены двенадцать коррелированных коэффициентов от 0,6 до 0,96 причем, встречаются как положительные, так и отрицательные коэффициенты. Между выборочными значениями пика (661,6 кэВ) и пика-дубля (669,6 кэВ) в основном корреляция отрицательная.

Таблица 5.

	Pr-1173	Pr-1332	Pr-1183	Pr-1343	Po-1173	Po-1332	Pr-661	Po-661
Pr-1173	1							
Pr-1332	0.85	1						
Pr-1183	0.72	0.49	1					
Pr-1343	0.82	0.90	0.46	1				
St-1173	-0.06	-0.02	0.25	-0.18				
St-1332	0.03	-0.05	0.31	-0.17				
Po-1173	-0.46	-0.43	-0.43	-0.43	1			
Po-1332	-0.58	-0.58	-0.49	-0.46	0.85	1		
Po-1183	-0.11	0.03	-0.47	0.44	0.61	0.37		
Po-1343	-0.59	-0.52	-0.35	-0.74	0.49	0.40		
St-661	0.09	0.05	0.33	-0.38	-0.21	-0.18		
Pr-661	0.89	0.87	0.66	0.83	-0.46	-0.61	1	
Po-661	-0.61	-0.57	-0.49	-0.61	0.86	0.94	-0.65	1
St-669	-0.24	-0.22	-0.12	-0.39	0.04	0.01	-0.29	0.10
Po-669	-0.46	-0.44	-0.33	-0.54	0.80	0.74	-0.42	0.76
Pr-669	0.47	0.48	0.28	0.70	-0.26	-0.33	0.62	-0.36

В процессе экспериментальных работ было изучено воздействие вращения на различные радиоактивные изотопы в разных геометрических условиях. Исследована зависимость медиан $M_S(M_E)$ соответствующих распределений E_{rot}/E_{st} и S_{rot}^*/S_{st}^* , где S^* - выборочные значения площади пика [2]. Причем, почти все значения данных медиан меньше единицы. Была построена зависимость $\Delta M_S(\Delta M_E)$, где $\Delta M_S = |I - M_S|$ и $\Delta M_E = |I - M_E| E_\gamma$, соответственно E_γ - энергия регистрируемого фотона в кэВ (рис.9). Изменение распределения площади пика связано со сдвигом распределения амплитуды.

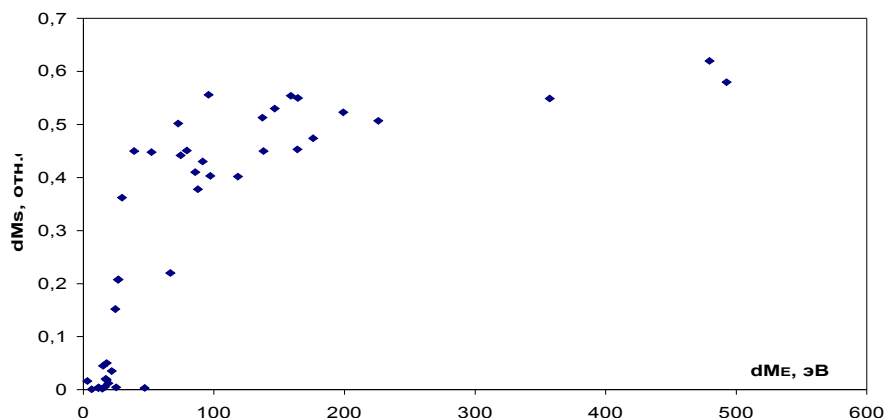


Рис.9. Зависимость разницы медиан распределений площади пика от разницы медиан распределений энергии гамма-квантов при вращении, относительно режима отсутствия вращения.

4. Анализ экспериментальных результатов

Дальнейшие исследования влияния вращения на результаты спектрометрических измерений определили следующую закономерность: величина сдвига статистического

распределения напрямую зависит от временных характеристик детектора ("мертвое" время усилительного тракта, время собирания заряда ППД). Кроме того, было замечено, что при длительном измерении в режиме вращения (несколько часов), после переключения в дальнейшем на статичный режим, распределение пика в статичном режиме после вращения незначительно изменяется в сторону уменьшения относительно первоначального измерения (до вращения). Соответственно, проявляется эффект *накопления и памяти* в окружающем пространстве фактора влияния на возбужденное ядро и детектор. С целью экспериментального разделения степени влияния последействия на детектор и изотоп через месяц после последнего включения режима вращения проделан следующий опыт. Воздействие вращения на радиоактивный изотоп и измерение последействия были пространственно разделены. В начале проводились 60 измерений площадью пиков исследуемого изотопа в отсутствии вращающихся объектов. Затем, на расстоянии ~50 м в другом помещении на исследуемый источник производили воздействие вращающимся диском на расстоянии 92÷97 мм с угловой скоростью 6000 об/мин в течение 30 минут. После этого, отключив источник вращения, проводили соответствующие измерения в первом помещении при неизменной геометрии.

Площадь пика - это количество зарегистрированных полупроводниковым детектором гамма квантов определенной энергии. В данном случае, эта величина характеризует интенсивность распада возбужденного ядра. Анализ результатов показал, что среднее значение площади пика для Cs^{137} при втором измерении уменьшается по сравнению с первым измерением.

Кроме того, был проведен статистический факторный анализ полученных данных, позволяющий сравнить выборки статистических результатов двух измерений. Факторный анализ (фактор Фишера) и тест "для средних" показали, что две выборки отличаются друг от друга, т.е. не являются идентичными объектами.

При измерении Co^{60} анализатор одновременно набирает два пика различных энергий (1332 КэВ и 1173 КэВ). Был получен удивительный результат: для энергии фотона 1332 КэВ во втором измерении площадь пика уменьшается при сравнении с первым измерением, да и факторный анализ показал отличие двух выборок, а для энергии фотона 1173 КэВ *никаких изменений не произошло*. В данном варианте β распад ^{60}Co образует изомер ^{60}Ni , возбужденные состояния которого имеют различные значения спинов $s_{1173}=4$ и $s_{1332}=2$. Таким образом, фактор последействия вращающихся объектов оказывает влияние на внутреннюю структуру возбужденного ядра и для различных состояний изомера воздействие на него может отличаться.

На следующем этапе исследований возникла необходимость в регистрации изменения периода полураспада радиоактивного изотопа при дистанционном воздействии на него вращающимся объектом. Для данной методики измерения одним из оптимальных источников радиоактивности может быть изотоп ^{198}Au , с периодом полураспада $T_{1/2}=64,7$ часа и энергией гамма – линии 411 кэВ. Исследуемые образцы с определенным содержанием золота подготавливались из солевого раствора $Au[HCu_4]2H_2O$. Высушенные образцы запаковывались в алюминиевую фольгу и облучались на Томском исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т. Было подготовлено два образца площадью около 0.25 см², один из них – контрольный (№1), второй образец (№2) находился под воздействием вращения (против часовой стрелки) по описанной выше методике. В общей сложности период измерения двух образцов составил 270 часов с 10 по 21 мая 2004 г. Общее время воздействия на второй образец за все время эксперимента не превысило 32 часа. Всего было проведено 37 циклов измерений, причем один цикл состоял из 30 измерений каждого образца по 20 – 95 секунд. Время измерения подбиралось таким образом, чтобы площадь пика была не менее 800 импульсов. Десятого и одиннадцатого мая были проведены 27 циклов измерений, затем с семнадцатого мая остальные 10 циклов. На контрольный образец воздействие не производилось, и он всегда находился в помещении с регистрирующей аппаратурой. В момент измерения контрольного образца воздействие на второй образец не прекращалось.

Геометрия измерения всегда оставалась постоянной, вплоть до сохранения угла по горизонтали.

Если генерируемое вращающимся объектом поле влияет на внутреннюю структуру ядра, то можно зафиксировать изменение "постоянной" распада. Выбранный β -активный изотоп ^{198}Au после β -распада находится в возбужденном состоянии изомера ^{198}Hg и имеет значение спина $s_{411}=2$. В отсутствие влияния "постоянная" распада (теоретическое) имеет значение $\lambda=0,0107$. Соответственно, площадь пика пропорциональна $S \sim \exp(-\lambda t)$, где t - время измерения. После проведения статистического анализа полученных экспериментальных результатов были определены уравнения тренда средних значений площади пиков двух образцов: контрольного $S_1=3209,2 \exp(-0,0109t)$ и второго образца, находящего под воздействием $S_2=3595 \exp(-0,0109t)$ при достоверности аппроксимации $R^2=0,9998$. Первое что бросается в глаза, это отличие "постоянной" распада от теоретического значения на 1,8%, т.е. период полураспада изотопа золота в обоих образцах равен 63,5 часа. Вследствие того, что кривая контрольного образца отличается от теоретической кривой, то для последних десяти циклов измерений был вычислен коэффициент Пирсона, подтвердивший их отличие. Статистический анализ дисперсии показал, что выход теоретической кривой за пределы "ворот" стандартного отклонения происходит после 160 часов измерений. Второе, это одинаковые значения "постоянной" распада двух образцов. Данное равенство говорит о присутствии корреляции средних значений площади пика.

С целью определения коэффициента корреляции средних значений пиков двух образцов, необходимо произвести нормировку на экспоненту распада. Следовательно, $S_{0x}=S_x \exp(0,0109t)$, где $x=1; 2$. Полученные нормировочные средние значения пиков показаны на диаграмме (рис.10), где средние стандартные отклонения для первого образца – $\delta_1=62,2$ имп., для второго – $\delta_2=68,3$ имп. Корреляционный анализ двух выборок показал следующие значения коэффициента корреляции k : для всей выборки $k_{37}=0,52$, для последних 23 значений $k_{23}=0,63$, для последних 15 значений $k_{15}=0,66$. Видно, что с увеличением времени воздействия на второй образец корреляция между средними значениями пиков двух образцов золота увеличивается. После приведения средних выборочных значений S_{0x} к относительным значениям $P_x = S_{0x} / S_x$ двухфакторный дисперсионный анализ показывал, что временной фактор оказывает значительное влияние на среднестатистические данные, т.е. важна продолжительность воздействия и момент времени измерения интенсивности.

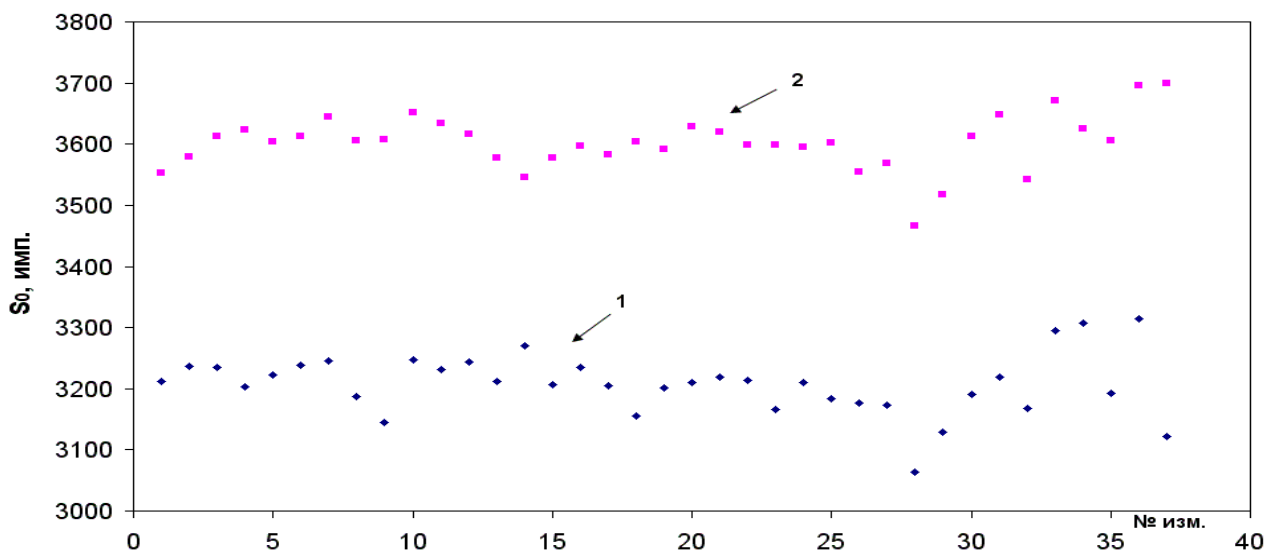


Рис.10. Зависимости средних значений площади пика нормированных на экспоненту распада от номера цикла измерений, где 1 - первый образец (контрольный), 2 - второй образец.

Далее рассмотрим распределение дисперсии выборочных значений площади пика. В данном случае дисперсия характеризует степень отклонения (разброс) интенсивности

распада и соответственно "постоянной" распада возбужденного ядра от своего истинного, теоретического значения. Экспоненциальное значение дисперсии первого образца от теоретического значения отличается на 10,8 %, а для второго образца отличие меньше 1%. Таким образом, уменьшение разброса вероятности распада изотопа золота в контрольном образце, по всей видимости, связано с информационной зависимостью со вторым образцом, на который в данный момент производится воздействие.

По технологии экспериментальных исследований изучаемые изотопы можно рассматривать как точечные радиоактивные источники. Исследования показали, что воздействие дистанционным вращением на радиоактивный распад источников в разных точках пространства различно. Поэтому для увеличения эффектов, связанных с вращением, необходимо подбирать оптимальное местоположение источников излучения.

5. Обсуждение результатов

Анализ экспериментальных исследований по дистанционному воздействию включенного электродвигателя показал, что величины статистических отклонений средних значений пика и амплитуды импульса, относительно результатов с выключенным электродвигателем, зависят от следующих характеристик:

1. интенсивности регистрации гамма квантов (загрузочных характеристик);
2. энергии гамма квантов;
3. местоположения источника излучения относительно вращающегося объекта;
4. местоположения системы "ППД - источник" относительно вращающегося объекта.

Германиево-литиевый детектор имеет *p-i-n* электронно-дырочный переход. Если при регистрации гамма квантов происходит воздействие на неравновесные заряды полупроводника (изменение спина, энергии и т.д.), то возможно изменение времени собирания зарядов. Полученные формулы [4] и экспериментальные результаты позволили приближенно определить время собирания зарядов до вращения t_{c0} и во время вращения t_{cob} . В данном детекторе время собирания электронов меньше времени собирания дырок, поэтому рассмотрим дырочную проводимость. При ширине обедненной зоны $d=1,7$ см были определены скорость $v_c=d/t_{cob}$ и ускорение зарядов $r'=\Delta v_c/\Delta t$, где $\Delta t=t_{c0}-t_{cob}$ и $\Delta v_c=d/t_{cob}-d/t_{c0}$. Если внешнее электрическое поле ε в полупроводнике постоянно, то на заряд q действует сила $\varepsilon q=rm$. В силу того, что в режиме вращения происходит увеличение скорости зарядов, можно записать следующее выражение $(m-m')(r+r')=\varepsilon q$. Следовательно, $m'=m-\varepsilon q/(r+r')$, где r – ускорение дырок при измерении в режиме отключенного электродвигателя. Среднее ускорение для тяжелых и легких дырок $r\approx 1\times 10^{17}$ м/сек², приращение волнового вектора $\Delta k=(2\pi m'\Delta v_c/h)$ и приращение энергии $\Delta E=h^2\Delta k^2/(8\pi^2 m')$.

Построены зависимости разницы относительной площади пика $s=I-S_{rot}/S_{st}$ и приращенной энергии от относительной скорости $v=v_c/v_{c0}$ (рис.11). На диаграмме проявилось скачкообразное уменьшение величины ΔE , при относительной скорости зарядов равной $v_1=1,03$ отн.ед. Таким образом, с момента v_1 с увеличением энергии зарядов площадь пика S_{rot} уменьшается, а до момента v_1 величина $s<0.22$ явно не зависит от энергии. Анализ показал, что при угловой скорости вращения вала электродвигателя 2100 об/мин, полученные результаты расположились в области $v<v_1$, а при скорости 6000 об/мин, в правой области. Таким образом, величина эффектов зависит от частоты вращения объектов.

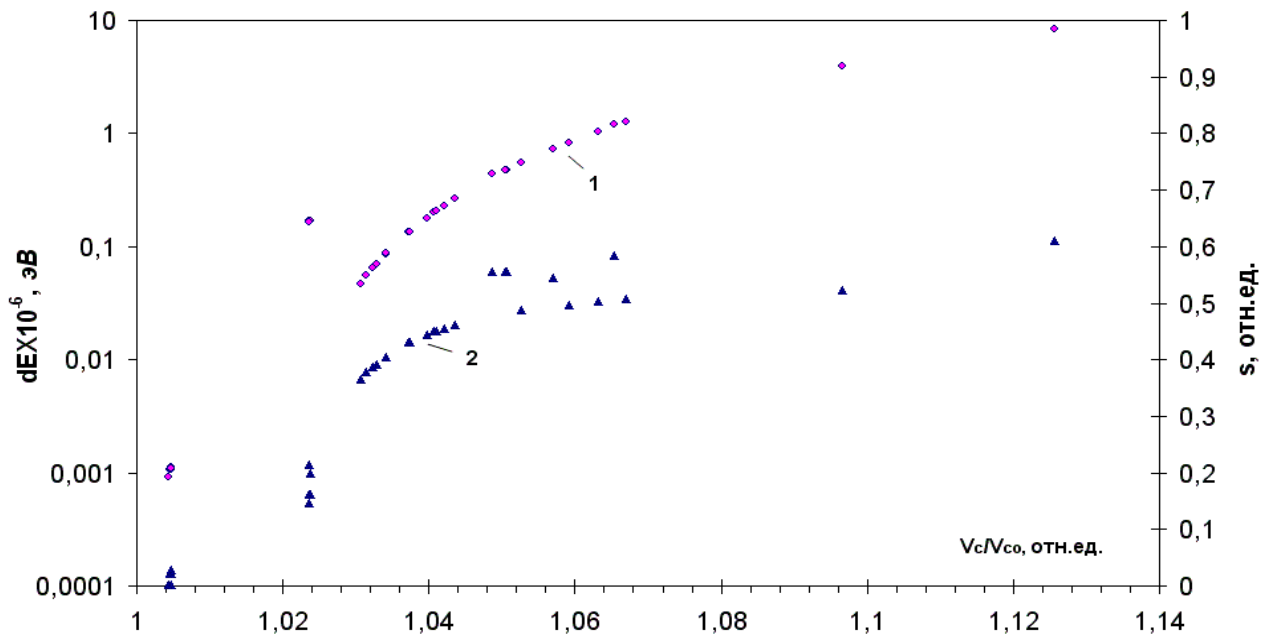


Рис.11. Зависимости приращенной энергии (1) и относительной разницы площади пика (2) от относительной скорости зарядов.

Изменение времени собирания оказывает влияние на поведение пика-дубля. Появление данного пика обусловлено эффектом временной рекомбинации (прилипанием) зарядов [6]. Если время удержания зарядов в зоне прилипания $t_{pr} < (t - t_{cob})$ то компонента амплитуды импульса, обусловленная выбросом ранее захваченных носителей, увеличит выходную амплитуду на $\sim 1\%$ (т.е. увеличивается площадь пика-дубля). При $t_{pr} \geq (t - t_{cob})$ выходная амплитуда будет соответствовать амплитуде пика поглощения (t -момент измерения при максимальной амплитуде выходного сигнала). Таким образом, вероятность появления пика-дубля будет зависеть от отношения средних значений t_{cob} и t_{pr} . Корреляция выборочных значений площадей пиков S_d^{rot} и S_{rot} при независимых измерениях позволяет с достаточной долей уверенности утверждать, что время собирания зарядов изменяется с определенной частотой, задаваемой вращающимися объектами. По всей видимости, поле воздействия имеет продольную компоненту.

Было замечено, что при одновременном измерении ^{137}Cs и ^{60}Co величина сдвига относительного распределения площади пика для фотонов энергией 661,6 кэВ и 1332 кэВ всегда превышала величину сдвига для фотона энергией 1173 кэВ. Причем, присутствие либо отсутствие стального стакана в эксперименте оказывает влияние на величину эффекта только для квантов энергией 661,6 кэВ и 1332 кэВ (рис.1). Очевидно, это явление связано с тем, что изменение величины t_{cob} зависит от энергии гамма квантов.

Анализ полученных результатов выявил зависимости относительного сдвига распределений площади пика и амплитуды импульса от: угловой скорости вращения; направления вращения и от состояния организованности внутренней структуры вращающихся объектов. Вращение жидкости, даже при столь малых скоростях, реализует эффект последействия в окружающем пространстве (мультиплетность распределений) на достаточно длительный срок (порядка тридцати суток).

При сравнении статистических распределений полученных до вращения и после вращения выявляются определенные закономерности: увеличивается ширина распределений, появляется мультиплетность в распределениях. При измерении в режиме вращения ширина может измениться в несколько раз. Возможно, данные явления связаны с расщеплением и изменением положения энергетического уровня зарядов полупроводника.

Проведенные эксперименты определили три новых эффекта связанных с воздействием вращающихся объектов на распад радиоактивных ядер. Во-первых, зарегистрировано

уменьшение периода полураспада возбужденного ядра; во-вторых, проявляется корреляция независимых измерений, видимо связанная с эффектом квантовой (микроскопической) нелокальности и, в-третьих, с увеличением времени воздействия и времени измерения контрольного образца уменьшается статистическое отклонение (дисперсия) от среднего значения интенсивности гамма-излучения.

Возможно, некоторые вышеперечисленные экспериментальные результаты можно объяснить генерацией вращающимися объектами гипотетического поля неэлектромагнитной природы и его воздействием на спины неравновесных зарядов и возбужденных ядер [7]. Но только последующие опыты позволят подтвердить либо опровергнуть данное предположение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поисковые экспериментальные исследования в области спин-торсионных взаимодействий//Под ред. Лунева В.И.- Томск, СибНИЦАЯ, 1995, с.81-95.
2. Мельник И.А.//Изв. вузов. Физика, 2004, №5, с.19-26.
3. Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В. и др. //УФН, 1998, т. 168, №10, с. 1129-1140.
http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/shnol_ufn.gz.ps
4. Мельник И.А.//Новая энергетика, 2005, №1, с.59-70.
5. Мельник И.А.// Изв. вузов.Физика, 2004, №2, с.15-18.
6. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.//Москва, Физматгиз, 1963, 220 с.
7. Багров В.Г., Бухбиндер И.Л., Шапиро И.Л.//Изв. вузов.Физика, 1992, №3, с.5-12.