

## **Ткаля Е.В. Гафниевая бомба, или «...неученье – тьма»**

*О «гафниевой бомбе» известно уже немало. Есть статьи в научных и научно-популярных журналах, много информации выложено на Интернет сайтах. Написанные научными работниками и профессиональными журналистами эти публикации дают вполне объективный взгляд «со стороны» на проблему в целом. Настоящая заметка всего лишь дополняет имеющиеся материалы. В ней представлено личное мнение человека, на протяжении нескольких лет участвовавшего в разрешении гафниевой загадки. Однако, затронутые здесь вопросы важны не только для понимания произошедшего. Наша российская действительность, к сожалению, нередко дает поводы считать, что чужие ошибки идут впрок далеко не всем. Конфликт, имевший место в прошлом году вокруг «выдающихся» изобретений «российского Леонардо», господина Петрика, тому пример. Оба сюжета, первый – с гафниевой бомбой и второй – с нанофильтрами для воды, настолько схожи, что кажется, будто они сделаны под копирку.*

Для меня история «гафниевой бомбы» началась 1 мая 2002 года. В этот день на мой электронный адрес пришло письмо из США от одного известного физика. Он интересовался, слышал ли я о последних экспериментах группы Карла Коллинса (Carl W. Collins в то время директор Центра квантовой электроники при Техасском университете в Далласе) и если слышал, то каково мое мнение об этих работах. Об экспериментах по стимулированному распаду долгоживущего изомера ядра гафния-178 я, конечно, знал. Их результаты уже были опубликованы в *Physical Review Letters* и *Europhysics Letters*. А что касается отношения, то оно было весьма скептическое, о чем я и сообщил в ответном письме.

Из дальнейшей переписки выяснилось, что три крупнейших Национальных лабораторий США готовят совместный эксперимент по проверке сенсационных результатов Коллинса и его команды. Меня же попросили сделать некоторые теоретические оценки на сечения процессов. Сначала я полагал, что этим всё и ограничится, поскольку смысла в проверке заведомо неверных результатов не видел. У нас, как известно, своих «коллинсов» хватает. А тут еще техасский! Но жизнь распорядилась иначе.

Вскоре стало ясно, чем обеспокоены американские физики. Начиная с 2002 года в научно-популярных изданиях и в обычных СМИ стали появляться сообщения о чудо бомбе на основе изомера гафния-178. Речь шла, ни много ни мало, как о создании нового вида ядерного оружия, не подпадающего под действие существующих договоров о не распространении. Эти «слухи» постепенно получали подтверждение. Уже в июле 2002 года Министерство обороны США обозначило ядерные изомеры среди наиболее важных и перспективных направлений исследований. В 2003 году был сделан следующий серьезный шаг – поставлена задача финансового обеспечения производства 100 г изомера гафния в год. И это при том, что оценки экспертов показывали: на первом этапе цена каждого грамма составит порядка \$1 млрд (с возможным снижением до \$ 1 млн в будущем), а создание инфраструктуры (ускорители, обогатительные фабрики и проч.) для массовой наработки изомера обойдется еще в \$ 30–50 млрд! Наконец, идею нового оружия одобрил тогдашний министр обороны США, который захотел иметь прототип действующего устройства уже через 18 месяцев.

Конечно, столь грандиозный проект не мог остаться незамеченным нашей страной. Однако, в те годы бюджет России несколько уступал бюджету Пентагона. Существовало опасение, что у нас может начаться авральное и не очень продуманное финансирование чего-то подобного. Это и, конечно, обычный научный интерес заставили меня более внимательно изучить проблему и попытаться что-то сделать. Итогом стали несколько публикаций в ведущих физических журналах, доклады на сессии РАН и в ряде научных центров России.

Дало ли это какой-нибудь результат, сказать трудно. У нас, как известно, свой стиль поддержки прикладных исследований. Однажды мне позвонил Александр Михайлович Дыхне (известный физик, академик РАН) и сказал, что по его сведениям деньги на «гафниевую

тематику» выделены, причем, деньги немалые – 2 млрд руб. (около \$70 млн). А вот кто стал счастливым обладателем столь приятной суммы, и какие результаты ему удалось получить, этого мы узнать так и не смогли.

Идея изомерной гафниевой бомбы, в сущности, очень проста. У ядра гафния-178 в спектре возбуждения есть состояние с энергией 2.446 МэВ. Что касается периода полураспада, то он значительный – 31 год. В этом смысле изомер гафния-178 удобен для работы: его можно относительно долго накапливать и хранить. При «распаде» изомера энергия возбуждения уровня выделяется в виде гамма-излучения и электронов конверсии. Внушает уважение величина этой энергии: она всего в сто раз меньше энергии деления ядер урана-235 и несоизмеримо больше характерной энергии химического горения. Возможности данного вещества иллюстрируются следующим примером: мощность изомерного заряда массой 1 г (это кубик со стороной размером в полсантиметра) составляет примерно 300 кг в тротиловом эквиваленте. И при этом ядро гафния-178 остается именно ядром гафния-178, то есть не делится. Оно просто переходит в основное состояние. А значит, разработка «изомерной бомбы» не запрещена действующими международными соглашениями о нераспространении ядерного оружия.

Конечно, для полноценной бомбы накопить достаточное количество изомерных ядер – это только полдела. Нужен еще физико-химический процесс, способный высвободить большей части запасенной в веществе энергии в заданный момент времени. Группа Коллинса в экспериментах использовала рентгеновское излучение разных длин волн. Воздействуя на мишень, излучение переводило ядра гафния-178 с изомерного состояния на некий короткоживущий промежуточный уровень. А уже с него ядро быстро через каскад переходов сваливалось в основное состояние. Именно этот промежуточный уровень в работах техасцев и обладал поистине мистическими свойствами. Во-первых, его никто никогда не видел ни до экспериментов Коллинса, ни после. Хотя, многие старательно искали. Во-вторых, уровень одинаково проявлялся в экспериментах с рентгеновскими фотонами самых разных энергий – от 7–8 килоэлектронвольт до нескольких десятков кэВ. То есть речь могла идти либо о целой группе состояний, либо об уровне, чудесным образом подстраивающимся в резонанс, то с падающим излучением, то с атомным переходом в гафнии. В-третьих, сечения стимулированного распада изомера оказались неприлично велики. Ничего подобного ни на ядре гафния-178, ни на каком другом раньше не наблюдалось.

Здесь уместно сделать некоторые пояснения. Конечно, по мере совершенствования техники измерений и чувствительности аппаратуры схемы распадов атомных ядер уточняются. В них время от времени добавляются новые, как правило, мало интенсивные переходы и слабо заселяемые уровни. Но в работах группы Коллинса речь идет об эффектах совсем иного масштаба. Якобы обнаруженные промежуточные состояния оказались, по меньшей мере, необычными. Уровни с такими свойствами должны кардинально изменить все известные схемы распада и гамма-спектры ядер. Сейчас каких-либо оснований, кроме результатов вышеназванной группы, для этого нет. Наоборот, несколько специально поставленных после 2002 года экспериментов, выполненных высокопрофессиональными физиками на различных установках в разных диапазонах энергии пучков, не выявили признаков стимулированного распада изомера гафния-178. Кстати, в полном соответствии с теоретическими оценками.

Характер дискуссий, развернувшихся между экспериментальными группами после опубликования всех этих работ, конструктивным назвать было никак нельзя. Коллинс обвинял оппонентов в непрофессионализме, неумении делать измерения, в том, что экспериментальные условия иные и так далее. Мне было, конечно, проще. С точки зрения теоретика здесь важно совсем другое: согласно постановке экспериментов, процесс, «обнаруженный» в Техасском университете, являлся электромагнитным, и никаким иным. Эффекты, связанные с интенсивными полями, отсутствовали. А это означало, что в нашем распоряжении есть мощный аппарат теории возмущений для квантовой электродинамики, позволяющий найти и систематизировать все процессы, приводящие к стимулированному распаду ядерного изомера, а также рассчитать их сечения. Оставалась только одна проблема – матричные элементы ядерных переходов. И тут я пошел навстречу экспериментаторам из Далласа. Для расчетов были выбраны матричные элементы перехода ядра в состояние гигантского дипольного резонанса! То есть, максимум из того, на что способно ядро в электромагнитных процессах. Конечно, для переходов в низкоэнергетической части спектра всё это, мягко говоря, некорректно. Но сделанное предположение, наряду с другими, столь же смелыми, позволяло раз и навсегда закрыть вопрос относительно возможных схем распада изомера. В частности, вслед за Коллинсом я «руками»

ввел в спектр гафния-178 дополнительные резонансные уровни с предельно экзотическими свойствами. Это обеспечило изомеру идеальную схему стимулированного распада, а мне позволило рассчитать максимально возможное сечение процесса. Получившийся результат (назовем его условно «оценкой сверху») недвусмысленно свидетельствовал: сечений, позволяющих хотя бы приблизиться к пониманию эффекта, обнаруженного Коллинсом и его командой, получить нельзя. Природа на это просто не способна.

Я долгое время не понимал, что именно, несмотря на критику, вселяет в авторов «открытия» такую уверенность в правильности собственных измерений. Должна была быть некая теоретическая модель, хотя бы качественно подтверждающая получаемые результаты. Модель эту нигде не афишировали. Но вот однажды мне в руки попала большая презентация господина Коллинса. В ней на нескольких слайдах были изложены расчеты как раз с теми заоблачными сечениями, что якобы наблюдались в экспериментах. Сам механизм стимулированного распада у Коллинса оказался прост. Рентгеновские фотоны ионизовали одну из внутренних оболочек атома гафния. В оболочке происходил электронный переход, резонансно совпадающий по энергии с ядерным переходом между изомерным и промежуточным состоянием. Энергия передавалась с электронной оболочки атома на ядро, которое перескакивало на промежуточное состояние, а затем распадалось «вниз».

Я был заинтригован. Вообще говоря, такой процесс хорошо известен. Существует теория, основанная как раз на квантовой электродинамике. Есть прецизионные измерения вероятности. Результаты теории и экспериментов совпадают. Кроме того, данный механизм распада, среди прочих, я исследовал и для гафния-178 и никаких чудес не обнаружил.

Всё оказалось до смешного просто. (В этом месте я должен попросить прощения у читателей с гуманитарным образованием. Данный абзац они могут опустить. А вот «естественникам», предлагаемые их вниманию детали, должны показаться небезынтересными.) Автор презентации не видел разницы между энергией связи электрона, находящегося на стационарном состоянии в кулоновском поле ядра, и энергией возмущения (обычно очень маленькой), которая и вызывает переходы между атомными и ядерными уровнями! Конечно, энергию возмущения еще надо уметь считать. Поэтому Коллинс поступил проще: взял вместо нее энергию связи электрона в атоме гелия. Почему именно гелия? Да потому, что изомерный уровень в гафнии-178, как написано в книжках, представляет собой «четырёхквартичное состояние двух протонов и двух нейтронов». Улавливаете? Вот такая вот логика. Ну, далее всё ясно. Оценка с гелием превышала значение энергии взаимодействия даже в моей предельно толерантной к Коллинсу модели на несколько порядков величины. В сечение процесса энергия взаимодействия входит в квадрате. Отсюда и результат. Разобравшись, наконец, что откуда берется, я совершенно успокоился. За такое знание предмета на экзамене по квантовой механике на четвертом курсе физического факультета МГУ ставили двойки.

Чем можно объяснить столь странные ошибки? Ведь над проблемой работала целая группа остепененных физиков. Я обычно отшучиваюсь, когда слышу этот вопрос. Да, верно, сплошь доктора наук. Но доктора, как врачи, бывают разные. Никто ведь не станет лечить зубы у окулиста. Так и в физике. Существует специализация. И наличие в команде теоретика нужной специальности позволило бы Коллинсу избежать многих ошибок.

Я знаком с несколькими авторами обсуждаемой работы. Некоторые из них вплоть до недавнего времени азартно спорили, отстаивая правильность полученных результатов. О квалификации этих людей, едва не спровоцировавших несколько ведущих государств на огромные и бессмысленные расходы, можно судить по следующему эпизоду. В конце 2004 года в журнал *Laser Physics Letters* поступила рукопись с очередным и вполне характерным для группы Коллинса «достижением». Авторы снова сообщали об обнаружении ими стимулированного распада долгоживущего изомера гафния-178. Однако на этот раз в эксперименте ядро гафния с промежуточного уровня переходило непосредственно в основное состояние, излучая фотон с энергией 2.4 МэВ. Этот результат поражал воображение. Схема уровней свидетельствовала: мультипольность наблюдавшегося перехода равнялась... 15 (пятнадцати)!

Что тут скажешь? Все знают, что в атомах преобладают электродипольные переходы. Ядерщики-спектроскописты имеют дело с мультипольностями вплоть до 3–4. Есть еще исследования переходов с мультипольностями 5 и 6, но это уже экзотика. А тут – 15. Легко понять мое изумление. Длина волны гамма-квантов с энергией 2.4 МэВ примерно в 100 раз больше размера излучающего их ядра. Поэтому, вероятность появления такого фотона

исчезающе мала, а время, которое потребовалось бы для его обнаружения в эксперименте, описанном в статье, превышает  $10^{50}$  лет! Напомню, возраст нашей Вселенной гораздо меньше.

Не странно ли, что авторы сами не обратили внимания на столь простые вещи? Нет, не странно. Вскоре мне пришлось объяснять одному из сотрудников Коллинса, что такое мультипольность перехода и как работают правила отбора! Меня даже попросили написать несколько примеров – какие переходы и между какими состояниями возможны. Удивительная все-таки команда собралась в Центре квантовой электроники Техасского университета!

А вот действительно загадкой представляется то, каким образом рукопись с вызывающе абсурдными результатами, поступившая в редакцию 20 октября, уже 24 октября (!) была принята к опубликованию. Поверхностное рецензирование – штука для журнала рискованная. Нелишне вспомнить, какой урон авторитету Докладов АН СССР нанесла в свое время публикация статьи некоего А.Ф. Охатрина, сделавшего феерические открытия в физике элементарных частиц с помощью свинцовой болванки, лампы накаливания и обычного фотоаппарата.

Но вернемся к Коллинсу. Его успешное продвижение к закромам Пентагона было бы, конечно, невозможно без покровительства влиятельного чиновника. Таковым стал тогдашний директор по физике и электронике в AFOSR (*Air Force Office of Scientific Research*) доктор Форрест Эджи (Forrest Agee). Последний финансировал гафниевые исследования из фондов AFOSR и являлся соавтором некоторых работ Коллинса. (Читатель, Вам это ничего не напоминает?)

Человек вполне интеллигентный и образованный, Ф. Эджи «сожженного» Коперника в дискуссиях, конечно, не вспоминал. Занимаясь приложением наук к военным задачам, он не имел, на мой взгляд, достаточной квалификации, чтобы судить о реальной значимости результатов Коллинса. Тем не менее, будучи профессионалом в своей области, Эджи с уважением относился к профессионализму других людей. Во всяком случае, мою критику их деятельности воспринимал с пониманием, кляуз, в отличие от Коллинса, не писал, ни чьим агентом не называл и публикации статей по гафнию в *Physical Review* не препятствовал. Впоследствии в одной из бесед Эджи поставил себе в заслугу то, что благодаря его усилиям изомерная тематика привлекла значительное внимание во всем мире. Что ж, с этим действительно не поспоришь. Привлекла, и еще какое!

В США гафниевая история закончилась, как известно, полным конфузом как для Агентства передовых оборонных исследовательских проектов (DARPA), так и для, прошу извинить за резкость, энтузиастов-«гафнюков», выдававших пустышку за перспективное открытие. Физики достучались до сенаторов, и в мае 2004 года Комитет сената США по делам вооруженных сил, опираясь на мнение реальных экспертов, закрыл финансирование гафниевой тематики. А вот закончилась ли эта история у нас, сказать трудно. Появляющиеся время от времени «гафниевые» публикации, удивительно напоминающие «отчеты о проделанной работе», наводят на грустные мысли. Похоже, некоторым нашим гражданам до сих пор удается разыгрывать «гафниевую» карту в неких высоких кабинетах. (Очень смущает интимность этого процесса. Так не хочется думать, что речь идет лишь о 401-м способе сравнительно честного освоения бюджета.) Были гонцы и у автора этих строк. Намекали, что есть, дескать, и интерес, и средства... Пришлось сказать, что не способен.

В кругах чиновничества, похоже, сильна вера, что где-то в крупных закрытых научных центрах сидят особые люди, «секретные физики», обладающие неким тайным знанием и способные сделать всё, в том числе, и пресловутую гафниевую бомбу. Увы, это далеко не так. Законы физики действуют одинаково и в Московском государственном университете, и в Научно-исследовательских институтах РАН, и в закрытых институтах оборонной тематики. И работающие в этих учреждениях люди заканчивали одни и те же ВУЗы. Да и нам ли не знать, сколь часто Институты РАН и Госуниверситеты выполняют исследования по договорам с так называемыми «ящиками», а научные работники открытых и закрытых ведомств обсуждают общие проблемы, консультируются и помогают друг другу. Так что, чудеса не будут. А будет бессмысленная трата государственных средств.

Да, можно понять руководство института, которое берется за подобный проект. На одной чаше весов гарантированное финансирование, а на другой – нищие сотрудники и хроническое отсутствие средств. Вот и возникает соблазн ввязаться, извините, в авантюру, а там, как говорил известный персонаж, либо ишак сдохнет, либо... К сожалению, такой подход чреват самыми негативными последствиями. Отрицательный результат и обманутые надежды – гремучая смесь. Мы имеем шанс окончательно подорвать доверие властей к научному сообществу и дать в руки

госчиновников дополнительные аргументы, оправдывающие их пренебрежение фундаментальной наукой. Заплаченная цена может оказаться несопоставимой с сиюминутной эгоистической выгодой отдельных институтов.

И последнее. История, как известно, повторяется дважды, но второй раз – уже в виде фарса. Я имею в виду баталии, развернувшиеся в 2010–2011 годах в России между «академиком семи академий» В.И. Петриком – с одной стороны, и Комиссией РАН по лженауке – с другой. Лица, конечно, иные, но сюжет и масштаб бедствия тот же.

Похоже, все такие истории развиваются примерно по одному сценарию: сначала – некое псевдооткрытие, или псевдоизобретение, затем – публикация, или патент с включением в соавторы влиятельных, но малокомпетентных людей, далее – реклама в СМИ, и, наконец, претензии на финансирование. Гафниевая бомба в США и нанофильтры для воды у нас уникальны лишь размерами тех дыр, которые они могли бы проделать в государственных бюджетах в случае реализации.

Защита от этого одна – экспертиза проекта. Любого. Даже поддержанного очень важной партией. А экспертиза делается научными работниками. А много ли их у нас осталось при таких-то зарплатах и отношении со стороны государства? Один из вариантов ответа на популярный ныне вопрос: «Зачем нам вообще фундаментальная наука?» может выглядеть так: «В том числе и затем, чтобы не тратить баснословные деньги на чепуху!» Ибо, скажем, годовую зарплату (в рублях) любого нашего научного работника просто невозможно разглядеть на фоне многомиллионных/многомиллиардных затрат (в долларах) на какую-нибудь очередную «гафниевую бомбу». В этом смысле эксперт с лихвой окупает всё, что государство потратило на его содержание.

Также бессмысленно обсуждать, какие направления фундаментальных исследований следует поддерживать, а какие не финансировать вовсе ввиду их кажущейся бесполезности для народного хозяйства. Кто возьмется предсказать, с какой стороны подступит новая беда в виде не в меру активного и пробивного изобретателя генератора торсионных полей, или гравитационного движителя, или еще чего аналогичного? И к какому «полезному» разделу науки отнести любимую забаву нескольких поколений «кулибиных» – освоение бесхозной энергии физического вакуума? В общем, выбор невелик: либо вкладывать деньги в фундаментальную науку, либо оплачивать фантазии шарлатанов.

Лет 10–15 назад на вопрос, с кем еще обсудить тонкие детали гафниевой проблемы, я сразу называл нескольких специалистов из Санкт-Петербурга, Дубны, Москвы, пары других мест. Но человек, как известно, смертен. Люди уходят. А смены им нет. И на тот же вопрос заданный сегодня я бы затруднился дать быстрый ответ.

**Ясно одно, государство, в лице высших чиновников шельмующее своих экспертов, завтра окажется беззащитным как перед внешними вызовами, так и перед собственными «петриками».** А желающих отгрызть кусок бюджетного пирога на создание всевозможных «гравицап» у нас всегда было достаточно.

Россия не та страна, которая может себе позволить роскошь научного и технологического отставания. Ситуация неизбежно будет меняться в лучшую сторону. Хотелось бы одного. Чтобы известные строки замечательного русского поэта Н.А. Некрасова «Жаль только – жить в эту пору прекрасную уж не придется – ни мне, ни тебе» были не про нас с вами.