

О возможном механизме Чернобыльской аварии

д.ф-м.н. Уруцкоев Л.И., д.т.н. Владимиров В.А.

В ночь с 25 на 26 апреля 1986 г. на 4-ом энергоблоке Чернобыльской АЭС произошла авария с разрушением реактора РБМК-1000 и выбросом огромного количества радиоактивных веществ, которая по совокупности своих последствий стала самой крупной катастрофой современности. Она затронула судьбы многих миллионов людей, проживающих на загрязненных территориях, а для России, Белоруссии и Украины, территории которых подверглись наибольшему радиоактивному загрязнению, стала общенародным бедствием.

До аварии реактор 4-го энергоблока эксплуатировался в течение трех лет. На 25 апреля 1986 г. предусматривалась остановка блока на плановый предупредительный ремонт. При подготовке к остановке реактора 4-го энергоблока руководством Чернобыльской АЭС было принято решение о проведении давно планируемого испытания этого реактора с отключенными защитами в режиме полного обесточивания оборудования АЭС. В ходе этих испытаний и произошел взрыв реактора с разрушением его активной зоны и интенсивным выбросом в окружающую среду в течение 10 суток радиоактивных веществ.

Правительственная комиссия, занимающаяся расследованием катастрофы, определила, что ее причиной были ошибки персонала, наложившиеся на недостатки конструкции органов регулирования ядерно-физических характеристик реактора.

Однако данное заключение не дало убедительных объяснений ряду имеющих место фактов, которые не укладываются в принятые теории о механизме катастрофы и не объяснены до сих пор. К этим фактам относятся:

- механизм разгона реактора;
- целостность конструкций в шахте реактора;
- невозможность указать место расположения значительного количества топлива в реакторе;
- два взрыва с интервалом в 1-2 сек.;
- срыв четырех главных циркуляционных насосов (ГЦН), подключенных к выбегающему турбогенератору;
- странное яркое свечение в разрушенной шахте реактора после взрыва;
- наличие в исследованных образцах радионуклидов, несвойственных топливному циклу;
- наличие в исследованных образцах топлива изотопного сдвига в сторону ^{235}U ;
- разрушение перекрытий в помещениях барабан-сепараторов;
- притягивание электрических кабелей к паропроводам.

Наличие этих необъясненных фактов заставляет искать ответы на вопрос: как это могло произойти? Ведь не разобравшись досконально с механизмом одной трагедии, мы можем стать свидетелями новой.

На основе результатов ряда экспериментов, проведенных в последние годы, нами предпринята попытка объяснить перечисленные факты и в качестве основного физического механизма аварии выдвинута весьма «экзотическая» гипотеза об образовании магнитных монополий в ходе «выбега» турбогенератора и попадании их вместе с паром в ядерный реактор. Несмотря на кажущуюся «безумность» такого предположения эта гипотеза дает достаточно простое и логичное пояснение необъясненным фактам.

Заметим, что возможность существования в природе магнитных зарядов была предсказана в 1931 году английским физиком П.Дираком [1]. Многочисленные неудачи экспериментального обнаружения магнитных зарядов вначале значительно снизили энтузиазм исследователей, но затем, после работ Полякова А.М. [2] и Г.Хофта [3], вновь заго-

ворили о магнитных монополях, о так называемых тяжелых монополи или ТВО-монополи.

По современным воззрениям монополи могли образовываться на ранних стадиях эволюции Вселенной и до наших дней могли сохраниться лишь так называемые «реликтовые» монополи – ТВО-монополи. Был теоретически предсказан ряд интересных эффектов воздействия этих монополей [4], в том числе и разрыв нуклидов [5]. Попытки экспериментального обнаружения ТВО-монополи, к сожалению, также не увенчались успехом.

Неудачи экспериментального обнаружения магнитных монополей можно трактовать либо как отсутствие свободных магнитных зарядов в природе, либо существенной неверностью наших представлений о магнитных зарядах. И, тем не менее, поток теоретических работ, посвященных «неуловимым» монополям не ослабевает и по сей день.

Итак о сути выдвинутой гипотезы.

В работе [6] весьма убедительно показано, что при аварии разгон реактора РБМК-1000 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС происходил на запаздывающих нейтронах. Аргументация автора основана на показаниях приборов, из которых следует, что первые 6 сек. разгон мощности происходил при неизменном избытке реактивности реактора ($\delta = \text{const}$), причем мощность изменялась со временем приближенно по закону $N = 200e^{t/3}$ Мвт. Еще через 4 сек. был зарегистрирован сигнал резкого повышения давления газа в графитовой кладке реактора. Таким образом, по имеющимся фактическим данным разгон мощности реактора в целом продолжался $t \geq 10$ сек. Из этого факта, совершенно справедливо, сделан вывод о том, что разгон реактора происходил на запаздывающих нейтронах, поскольку на мгновенных нейтронах он произошел бы примерно в 100 раз быстрее и проследить его во времени по приборам на пульте управления было бы абсолютно невозможно.

Косвенным подтверждением этих выводов может служить фотография фрагмента шахты реактора 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС, представленная на рис.1. На фотографии видно, что хорошо сохранилась не только схема КЖ (герметичный защитный кожух графитовой кладки), но и краска на ней, которая по техническим условиям выдерживает температуру $t \sim 300^\circ\text{C}$. Интуитивно представляется весьма маловероятным, чтобы при взрыве реактора за счет мгновенных нейтронов, подобного взрыву атомной бомбы, технологические конструкции могли остаться в столь недеформированном состоянии.

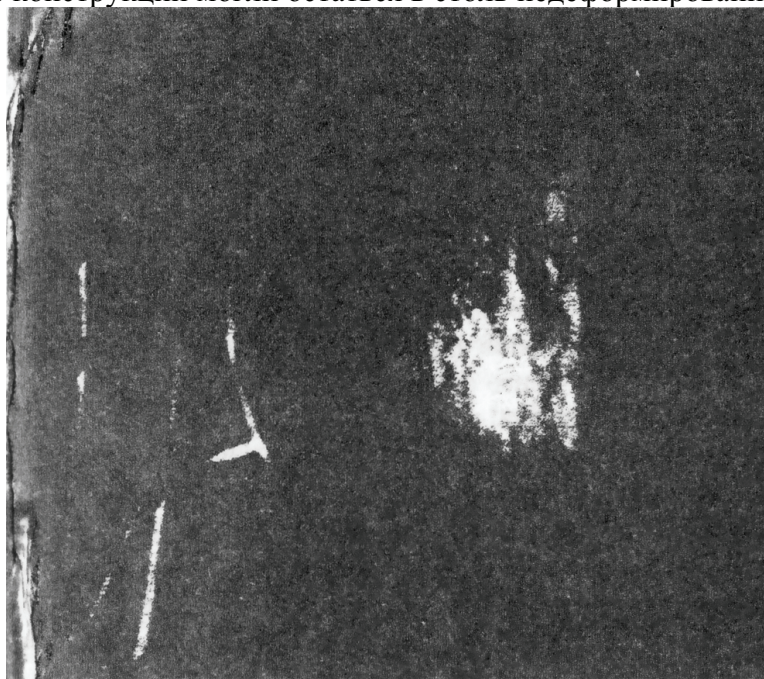


Рис.1. Фрагмент шахты реактора.

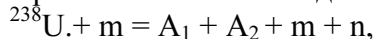
Таким образом, версия разгона реактора на запаздывающих нейтронах соответствует не только показаниям приборов, но и фактическому состоянию конструкции остатков реактора. Хорошо известно из курса общей ядерной физики [7], что при делении нейтронами урана U^{235} доля запаздывающих нейтронов составляет менее одного процента. Таким образом, возникает непреодолимое противоречие: с одной стороны тепловой разгон происходил на запаздывающих нейтронах, а с другой – куда делись мгновенные нейтроны и почему они не внесли свой вклад в тепловой разгон реактора.

Исходя из зарегистрированных результатов, период разгона реактора составлял 3 сек., в то время как среднее время жизни одного поколения нейтронов, с учетом запаздывающих, составляет 0,1 сек. [8]. Период в 3 сек. был зарегистрирован в промежутках увеличения мощности с 200 до 530 МВт и с 530 до 1600 МВт. В работе [6] показано, что нажатие кнопки АЗ-5 для сброса аварийной защиты для полной остановки реактора никакой роли в аварии не сыграло. Все это может означать либо увеличение времени жизни одного поколения нейтронов, либо увеличение доли самих запаздывающих нейтронов [9].

Выход из такого противоречия должен, очевидно, состоять в том, чтобы попытаться найти другой физический механизм деления урана и образования запаздывающих нейтронов. Известно, что помимо нейтронного существуют и другие механизмы деления урана, например, под действием медленных мюонов¹ [10].

В работе же [11] теоретически рассмотрен возможный механизм деления ядер урана под воздействием магнитных монополей, который и положен в основу рассматриваемой гипотезы. В работе высказано предположение о том, что монополь – ядерное взаимодействие является столь сильным, что монополь, проходящий близко к ядру, может индуцировать деление ^{238}U . Идея состоит в том, что когда монополь проходит близко к ядру, то те нуклоны, которые поближе ориентируют свои магнитные моменты в направлении монополя, в то время как нуклоны на противоположной стороне ядра будут находиться в гораздо более слабом магнитном поле. Таким образом, из-за локальной поляризации ядро ^{238}U становится вытянутым, а, следовательно, деформированным и именно эта деформация приводит к делению ядра.

При таком механизме деления магнитный монополь играет роль катализатора:



где: m – монополи;

A_1 и A_2 – осколки деления;

N – нейтрон.

Для того, чтобы такой механизм деления урана гипотетически мог быть положен в основу объяснения Чернобыльской катастрофы необходимо выполнение, по крайней мере, двух условий. Первое – магнитные заряды должны существовать в природе и второе – с заметными сечениями должен существовать рассмотренный эффект. В работе [13] для объяснения экспериментально наблюдаемых явлений в качестве рабочей гипотезы было высказано предположение об образовании магнитных монополей в момент паузы тока, возникающей при электровзрыве металлической фольги в жидкости. С точки зрения авторов работы [13], на основе выдвинутой гипотезы возможно объяснить регистрируемые с помощью ядерных эмульсий аномальные треки, наблюдающуюся трансформацию ядер и сдвиг мессбауэровских спектров ^{56}Fe .

Для подтверждения выдвинутой гипотезы об образовании монополей авторами работы [12] были проведены эксперименты по обнаружению индуцированного деления ^{238}U под воздействием магнитных монополей. Результатом экспериментов явился факт установления деления ^{238}U под действием «странного» излучения.

¹ Мюоны – нестабильные положительно и отрицательно заряженные элементарные частицы

Таким образом, проведенные эксперименты явились серьезным аргументом в пользу существования магнитных монополей и серьезной поддержкой гипотезы, высказанной в работе [13]. Конечно же, проведенные эксперименты носят предварительный, так сказать, «обнаружительный» характер и полноценное исследование для подтверждения гипотезы еще впереди. Однако уже можно утверждать, что при монопольном индуцированном делении ^{238}U основная часть испускаемых нейтронов является «запаздывающими». И именно это обстоятельство позволяет положить обнаруженный эффект деления ^{238}U в основу гипотезы о механизме Чернобыльской аварии. Следует подчеркнуть, что эти результаты не противоречат выводам работы [6].

Предположим далее, что магнитные монополи попали в реактор РБМК-1000 и посмотрим, опираясь на результаты работ [11, 13], к чему бы это могло привести. Согласно поляризационному механизму [11], ^{238}U должен был бы под действием потока магнитных зарядов начать делиться, а, соответственно, тепловая мощность реактора должна была начать расти, что и наблюдалось при разгоне реактора.

Такой механизм разгона реактора должен привести к значительному изотопному искажению соотношения ^{235}U и ^{238}U за счет распада ^{238}U .

Известно, что на момент аварии количество ^{235}U соответствовало эффективному обогащению 1,1%. Измерения же изотопного соотношения урана в почвах ближайшей зоны Чернобыльской АЭС показали, что наблюдается существенный сдвиг до 27% в пользу обогащения ^{235}U . Эти результаты были перепроверены в лабораториях, руководимых академиком АН Украины Н.П.Щербаком, и проверка подтвердила справедливость полученных результатов [14].

В работе [15]² представлены результаты экспериментальных исследований дисперсных фаз аэрозолей и вторичных урановых минералов. Из работы следует, что наблюдаемое изотопное соотношение ^{235}U и ^{238}U соответствует обогащению ~ 2%, но не может быть отнесено к свежему топливу, т.к. соотношение ^{235}U и ^{238}U составляет ~2,5, а должно было бы быть в 5 раз меньше. Такое несоответствие велико и не может быть объяснено методическими погрешностями. Несмотря на малочисленность результатов, они подтверждают увеличение изотопного соотношения в сторону ^{235}U , что является серьезным аргументом в пользу выдвинутой гипотезы.

Возникает резонный вопрос, откуда на 4-ом энергоблоке Чернобыльской АЭС могли появиться магнитные монополи и как они попали в реактор? Идея о привлечении магнитных зарядов для объяснения механизма Чернобыльской аварии возникла в ходе исследования физических свойств «странного» излучения, наблюдаемого в работе [13]. В экспериментах по изучению электровзрыва металлических фольг в жидкостях на ядерных эмульсиях и пленочных детекторах, размещенных на расстоянии до 2 метров от оси установки, регулярно возникали аномально широкие треки, похожие на след гусеницы (рис.2а). Поскольку размеры регистрируемых треков не позволяли объяснить их происхождение известными типами излучений (α, β, γ), то было сделано предположение о регистрации нового типа излучения, которое условно назвали «странным».

При наложении на установку вдоль оси Z слабого магнитного поля $H_z \sim 20$ Э вид треков менялся (рис.2б). Последнее обстоятельство позволило предположить наличие магнитной природы у регистрируемого излучения, а само излучение идентифицировать как поток магнитных монополей.

² К сожалению, масс-спектрометрические исследования 4-го энергоблока ЧАЭС в течение 10 лет после аварии проводились разрозненными группами, результаты не систематизированы

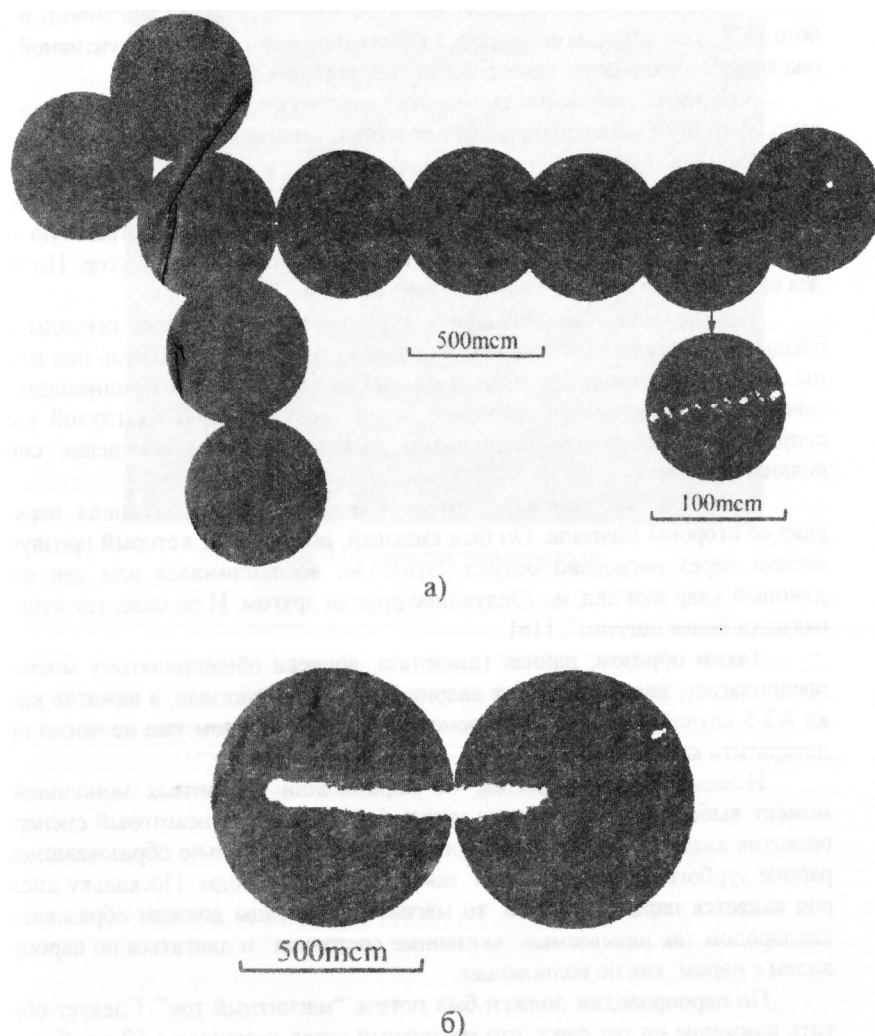


Рис. 2. а - треки без магнитного поля;

б - треки после наложения слабого магнитного поля.

В экспериментах, описанных в работе [13], источником тока служил разряд конденсаторной батареи. При испытаниях, проводимых на 4-ом энергоблоке Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г., 8-ой турбогенератор был отключен от подстанции и служил источником тока для собственных нужд энергоблока. Следует отметить, что первоначальная мощность выбегающего турбогенератора составляла 40 МВт, а сам выбег проходил ~ 40 сек. И при случайном коротком замыкании одного из элементов электрической цепи могли возникнуть условия, схожие с экспериментальными условиями в работе [13]. Такая аналогия является в значительной степени интуитивной, но она хорошо совпадает с показаниями оперативного персонала.

Ю.Трегуб, начальник смены 4-го энергоблока: “Сначала услышал характерный шум останавливающегося турбогенератора. А секунд через шесть раздался удар. Подумал, что “полетели”лопатки турбины. Потом еще удар. Я посмотрел на верхнее перекрытие. Мне показалось, что оно должно упасть. Отскочил к щиту безопасности. Приборы показывали страшную аварию. Выбежал на улицу... С крыши “Ромашки” светил прожектор. Но увидел еще какое-то свечение над 4-м энергоблоком”

Р.Давлетбаев, зам.начальника турбинного цеха: “Через секунды послышался со стороны машзала гул низкого тона, сильно трянуло пол и стены, с потолка посыпалась пыль и мелкая крошка, потухло люминесцентное освещение, установилась полутьма, затем сразу же раздался глухой удар, сопровождающийся громopodobными раскатами. Затем освещение снова появилось”.

А.Дятлов, зам.главного инженера очереди АЭС: “Услышал первый удар со стороны машзала. Он был сильный, но не такой, который прозвучал следом через несколько секунд. Этот уже воспринимался или как один длинный удар или два, но следующие друг за другом. И по силе, тот второй, оказался более ощутим”. [16].

Таким образом, данная гипотеза, вопреки общепринятому мнению, предполагает, начало развития аварии со стороны машзала, а нажатие кнопки АЗ-5 случайно совпало по времени и никоим образом уже не могло предотвратить катастрофы.

Исходное предположение об образовании магнитных монополей в момент выбега турбогенератора может быть развито в некоторый сценарий развития аварии. Магнитные монополи, предположительно образовавшись в районе турбогенераторов, могли попасть в паропроводы. Поскольку кислород является парамагнетиком, то магнитные частицы должны образовать с кислородом так называемые “связанные состояния” и двигаться по паропроводам с паром, как по волноводам.

По паропроводам должен был потечь “магнитный ток”. Следует обратить внимание на тот факт, что магнитный заряд монополя в 67 раз больше заряда электрона [1], так что движение монополей по паропроводам должно было создать мощный магнитный ток. Исходя из системы единиц, магнитное поле оказывает в 300 раз большее воздействие, чем электрическое и, следовательно, магнитный ток (без учета экранировки) будет оказывать воздействие в 67×300 раз большее, чем электрический ток. Расположенные рядом с таким полем электрические кабели должны были притягиваться к магнитному току, образованному монополями, движущимися по паропроводам. Что и наблюдается, если пройти по трассе паропровода (рис.3), более того – часть электрораспределительных щитов была сорвана вместе с крепежной арматурой и фрагментами перегородок (помещения в районе барабан–сепараторов). А в помещениях самих барабан–сепараторов оказались разрушены даже сами перекрытия. Магнитные заряды, попав в ГЦН, должны были привести к сбою в работе электродвигателей. И, по-видимому, именно этим обстоятельством можно объяснить срыв питания четырех ГЦН (2-х северных и 2-х южных). Срыв произошел именно на тех ГЦН, которые были запитаны от выбегающего турбогенератора № 8. Остальные четыре ГЦН были запитаны от 3-го энергоблока АЭС, и с этими насосами ничего не произошло.

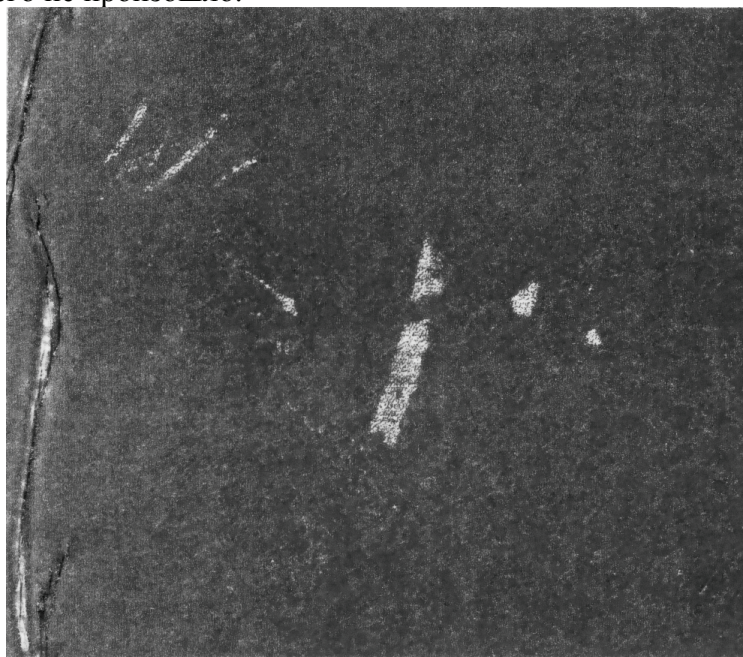


Рис.3. Фрагмент паропровода.

Часть пара, находящегося в связанном состоянии с магнитными монополями, должна была выйти из паропровода за счет притяжения к электропроводке, так как для магнитных монополей труба не является серьезным препятствием, а с электромагнитным

полем проводов они сильно взаимодействуют. Таким образом, все помещения по пути следования паропроводов должны были заполниться паром почти одновременно, что, судя по описаниям оперативного персонала, и имело место в момент аварии.

Попав в реактор, магнитные монополи, как обсуждалось выше, должны были провзаимодействовать с ядрами ^{238}U , что привело к образованию дополнительных запаздывающих нейтронов, росту мощности и паровому взрыву.

Возникновение двух последовательных взрывов в районе реактора в момент аварии [16], в рамках рассматриваемого механизма, находит логичное объяснение, если учесть существующее различие в длине трубопроводов от машзала к северным и южным барабан-сепараторам.

Основываясь на экспериментальных результатах [13], можно утверждать, что трансформации при определенных условиях под действием магнитных монополей могли подвергнуться не только ядра ^{238}U , но и ряд других четно-четных ядер, например, ^{12}C , ^{60}Zr . Теоретически такой эффект был предсказан в работе [4]. Таким образом, можно предположить, что если магнитные монополи попали в реактор, то трансформации должен был подвергнуться и реакторный графит.

Такое предположение проиллюстрировано на рис.4. На рис.4а представлена гистограмма процентного содержания элементного состава скоплений лавообразных топливо-содержащих масс (ЛТСМ) объекта «Укрытие», взятых из работы [17], а на рис.4б представлена гистограмма результатов масс-спектрометрии проб, полученных в ходе экспериментов, аналогичных [13], где в качестве нагрузки вместо титановой фольги использовался углерод. При сравнении гистограмм видна схожесть элементного состава, с учетом, конечно, того обстоятельства, что уран присутствовал в топливе. Для того, чтобы убедиться, что эта до некоторой степени схожесть гистограмм не является простым совпадением, необходимо провести измерения изотопного состава графита.

Дело в том, что в лабораторных исследованиях было установлено, что трансформации подвергаются только ядра ^{12}C , а значит, если произошла трансформация реакторного графита, то природное соотношение углерода должно быть сдвинуто в пользу ^{13}C . И только после проведения этих исследований можно будет обоснованно говорить о возможной трансформации реакторного графита.

При исследовании элементного состава послеаварийных фрагментов графитовых блоков с 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС, наблюдались значительные вкрапления Al, Si, Na, U в толщине графита, хотя хорошо известно, что в реакторах используется особо чистый графит. И поэтому этот факт может служить косвенным аргументом в пользу версии о частичной трансформации графита.

Ряд очевидцев, в том числе и члены Правительственной комиссии, отмечают, что свечение, которое наблюдалось в первые дни после аварии над разрушенным реактором, имело неестественные цвета [18]. Этот факт может быть легко объяснен в рамках взаимодействия магнитных монополей с возбужденными атомами, в ходе которого смещает электронные уровни оптических переходов [19,20] так, что может возникать непривычная для глаза цветовая гамма.

Авторы статьи отдают себе отчет, что в среде профессионалов высказанная гипотеза может вызвать вполне объяснимую неоднозначную реакцию. Однако следует отметить, что любая гипотеза имеет право на существование, если она объясняет некоторые факты, не укладывающиеся в рамки существующих представлений, и предсказывает некоторые факты, доступные экспериментальной проверке.

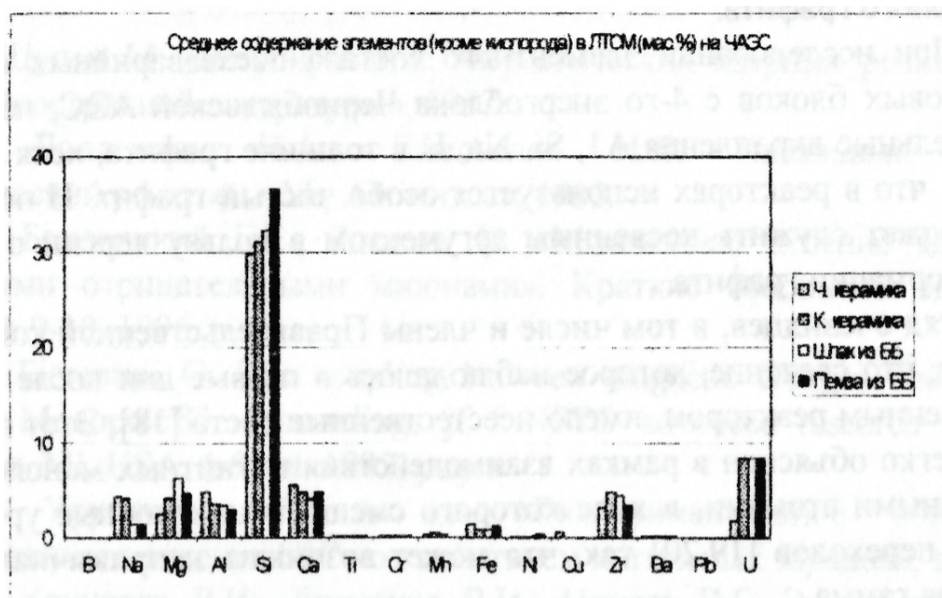


Рис. 4.а

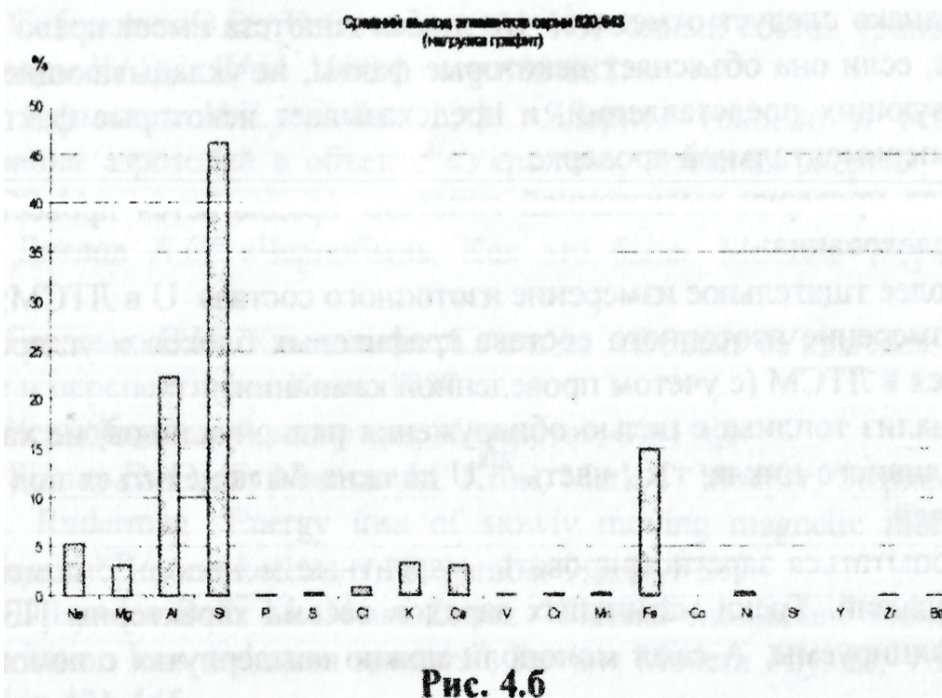


Рис. 4.б

Для проверки высказанной гипотезы предлагается провести следующие исследования:

- более тщательное измерение изотопного состава U в ЛТСМ;
- измерение изотопного состава графитовых блоков и углерода, содержащегося в ЛТСМ (с учетом проведенной кампании);
- анализ топлива с целью обнаружения радионуклидов, не характерных для топливного цикла, т.к. часть ^{238}U должна была делиться под действием монополей;
- попытаться зарегистрировать магнитные монополи с помощью ядерных эмульсий. Треки магнитных зарядов весьма характерны [13] и легко идентифицируемы. А сами монополи можно «выдернуть» с помощью витка с током.

Литература

1. Dirac P.A.M. Proc. Roy. Soc. 1931. Ser. A. V. 133. P. 60.
 2. Поляков А.М. Спектр частиц в квантовой теории поля. Письма в ЖЭТФ. – М., 1974. Т. 20. Вып. 6. С. 430-433.
 3. Hooft G. Nuci. Phys., 1974. Ser. A. V. 133. P. 60.
 4. Lipkin H.I.: Monoponucieosis – the wonderful things that mjnnpjles can to nuclei if are there. Monopole'83. Proceedings of a NATO advenced research workshop, ANN arbor, USA, 6-9 oct. 1983, pages 347-358.
 5. Рубаков В.А. Сверхтяжелые магнитные монополи и распад протона. Письма в ЖЭТФ. – М., 1981. Т. 33. Вып. 12. С. 141-153.
 6. Кружилин Г.И. О характере взрыва реактора РБМК – 1000 Чернобыльской АЭС. – ДАИ, 1997. Т. 354. № 3. С. 331-332.
 7. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. – М.: Наука, 1972. С. 671.
 8. Шульц М. «Регулирование энергетических ядерных реакторов». М., изд-во «Иностранной литературы», 1957
 9. Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я. Канальный ядерный энергетический реактор. – М., Атомиздат, 1980.
 10. Беловицкий Г.Е., Россель К. «Мгновенное деление ядер урана медленными отрицательными мюонами». Краткие сообщения по физике ФИАН. № 9-10, 1996.
 11. Fiorentini G. The coupling between magnetic charges and magnetic moments. Monopole'83. Proceedings of NATO advanced research workshop. ANN arbor, MI, USA, 6-9 oct. 1983, pages
-
12. Уруцкоев Л.И. и др. «Экспериментальное обнаружение индуцированного деления U^{238} под действием магнитных зарядов», в печати.
 13. Уруцкоев Л.И., Ликсонов В.И., Циноев В.Г. Экспериментальное обнаружение «странного» излучения и трансформации химических элементов. Прикладная физика, М., 2000, В. 4. С. 83-100.
 14. Соботович Э.В., Чебаненко С.И. Изотопный состав урана в почвах ближней зоны ЧАЭС. ДАН, 1990 г., стр. 885-888.
 15. Кузьмина И.Е., Лобач Ю.Н. Ядерное топливо и особенности формирования аэрозолей в объекте «Укрытие», Атомная энергия, М., 1997, Вып. 1. С. 39-44.
 16. Дятлов А.С. «Чернобыль. Как это было». Москва. Научтехиздат. 2000.
 17. Герасько В.Н., Ключников А.А. и др. «Объект «Укрытие». История, состояние и перспективы», Киев, 1997.
 18. Чернобыльский репортаж, «Планета», М. 1988.
 19. Sidney D. Dreii, Norman M. Kroii, Mark T. Mueiier, Stephen I. Parke, Maivin A. Rudermag “Energy ioss of siowiy moving magnetic monopoies in matter”, Physical Review Letters, v.50, gumber 9, h.644-649.
 20. D.Lynden-Bell, M. Nouri-Zonoz “Classial monjpoles: Newton, NTU space, gravitation lens and atom specters”, Review Modern Physics, Voi.70, No.2. April 1998, p.421-445.