

УДК 621.039

О возможном магнитном механизме аварии реактора РБМК-1000 на ЧАЭС*

А. А. Рухадзе

Институт общей физики АН, Москва, Россия

Л. И. Уруцкоев, Д. В. Филиппов

РЭКОМ, РИЦ "Курчатовский институт", Москва, Россия

Показаны существенные противоречия между официальным заключением о причинах и механизме Чернобыльской аварии и известными экспериментальными фактами. Наряду с этим утверждается, что период аварийного разгона реактора не удастся объяснить в рамках существующих представлений о физике реактора. Обращено внимание на возможность изменения доли запаздывающих нейтронов воздействием электромагнитного импульса на электронные оболочки ядер-излучателей запаздывающих нейтронов. Выдвинута непротиворечивая гипотеза о возможном образовании магнитных зарядов в ходе проведения испытаний по "выбегу" турбогенератора на IV блоке ЧАЭС и их влиянии на рост коэффициента реактивности.

Настоящая статья направлена исключительно на выяснение истинного механизма Чернобыльской аварии. Причина, побудившая авторов к работе над данной публикацией, очень проста — твердое убеждение в том, что, досконально не разобравшись в механизме одной трагедии, мы рано или поздно станем свидетелями другой. Официальные объяснения сложно признать удовлетворительными: во-первых, как будет далее показано, ряд вопросов остался без ответа, во-вторых, официальные выводы, основанные на численном моделировании, противоречат аналитическим оценкам.

В статье предпринята попытка выдвижения в качестве основного физического механизма аварии гипотезы об образовании магнитных монополей в ходе "выбега" турбогенератора и попадания их вместе с паром в ядерный реактор. Несмотря на кажущуюся экзотичность такого предположения, ряд ранее необъяснимых наблюдаемых экспериментальных фактов находит свое простое и логичное объяснение.

Возможность существования в природе магнитных зарядов широко обсуждается в физике с момента выхода работы П. Дирака [1]. Многочисленные неудачи экспериментального обнаружения магнитных зарядов значительно снизили энтузиазм исследователей, но при построении теорий великого объединения (ТВО) возник новый интерес к так называемым "тяжелым" монополям или ТВО-монополям [2]. По современным воззрениям, магнитные монополи могли образовываться на ранних стадиях эволюции Вселенной, и до наших дней могли сохраниться как называемые "реликтовые" монополи. Относительно ТВО-монополей теоретически предска-

зан ряд очень интересных эффектов [3], в том числе и разрыв нуклонов [4], т. е. процесс, идущий с нарушением закона сохранения барионного заряда.

Около 20 лет назад появились работы Ж. Лошака [5—7], в которых предложен новый тип магнитного монополя, который в противоположность монополю Дирака является безмассовой частицей. В теории Лошака магнитный монополю возникает как следствие решения уравнения Дирака. Уравнение Дирака — уравнение, описывающее релятивистскую частицу со спином 1/2 в электромагнитном поле. Лошак [5—7] показал, что существуют две и только две фазовые калибровки решений уравнения Дирака, так как две и только две матрицы из 16 матриц базы Клиффорда одинаково коммутируют со всеми остальными: это единичная и псевдоска-

лярная матрица $\gamma_5 = \gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4 = \begin{pmatrix} 0 & I \\ I & 0 \end{pmatrix}$. Единичная матрица определяет стандартную калибровку, приводящую к уравнению электрона. Матрица γ_5 определяет другую калибровку

$$\Psi \rightarrow \exp\left(i\frac{e}{\hbar c}\gamma_5\phi\right)\Psi, \quad B_\mu \rightarrow B_\mu + \partial_\mu\phi$$

(B_μ — псевдопотенциал электромагнитного поля), которая приводит к уравнению для безмассовой частицы:

$$\gamma_\mu \nabla_\mu \Psi \equiv \gamma_\mu \left(\partial_\mu - i\frac{g}{\hbar c}\gamma_5 B_\mu \right) \Psi = 0. \quad (1)$$

Лошак показал, что решение уравнения (1) удовлетворяет правилам СРТ-симметрии Кюри для магнитного монополя. Заметим, что моно-

* Статья публикуется в дискуссионном порядке.

поль Дирака [1] этим правилам симметрии не удовлетворяет. Выражение псевдоскалярности магнитного заряда не через постоянную g , а через зарядовый оператор $G = g\gamma_5$ [7] позволяет представить электромагнетизм как "горную вершину, имеющую два склона — векторный (электромагнитный) и псевдовекторный (магнитно-электрический)". Магнитный заряд, введенный Лошаком, подчиняется условию квантования Швингера [8] и является лептоном, т. е. участником электрослабых взаимодействий. Так как уравнение (1) при нулевом магнитном заряде g совпадает с уравнением нейтрино, магнитный монополь Лошака может быть трактован как магнитно-возбужденное состояние нейтрино. Такой монополь является безмассовым (или почти безмассовым), т. е. очень легким (с энергетической точки зрения), и может быть рожден при электромагнитных явлениях [9].

Сказанным выше мы хотим подчеркнуть, что в нашей экзотической гипотезе о причинах и механизме Чернобыльской аварии фигурирует не монополь Дирака, а безмассовый монополь Лошака.

Вопросы, оставшиеся без ответа

На сегодняшний день, по мнению авторов, ряд экспериментальных фактов, которые побудили задуматься над причиной Чернобыльской катастрофы, не имеет убедительных объяснений:

- Механизм разгона реактора: каким образом реактор с высокой степенью выгорания топлива (до 20 МВт-сут/кг) и отравленный ксеноном разогнался за 10 с с уровня 200 МВт (6 % номинальной мощности) до мощности, превышающей номинальную в десятки раз.

- Целостность конструкций в шахте реактора.
- Невозможность указать место расположения значительного количества топлива.
- Два взрыва с интервалом в 1–2 с.
- Странное яркое свечение в разрушенной шахте реактора после взрыва.
- Нарушение изотопного состава в исследованных образцах топлива, в том числе сдвига в сторону ^{235}U [10, 11].
- Факт притяжения электрических кабелей к паропроводам.

Приведенные факты не укладываются в принятые теории о механизме катастрофы и не объяснены до сих пор. Именно наличие таких фактов и заставляет искать ответы на вопрос: как это могло произойти?

В официальной версии [12–16] проведен анализ сценария возникновения и развития аварии, основанный на численном моделировании. Авторы официальной версии утверждают, что основными причинами аварийной ситуации явились:

появление сильной неоднородности энерговыделения (плотности нейтронов) по высоте ре-

актора вследствие движения вниз стержней аварийной защиты;

наличие положительного парового коэффициента реактивности.

Интенсивность размножения нейтронов в активной зоне реактора характеризуется коэффициентом размножения нейтронов k — это отношение количества нейтронов в одном поколении к их количеству в предыдущем. Избыточной реактивностью ρ называется величина $(k - 1)/k$. При $\rho = 0$ реактор находится в стационарном режиме, при $\rho < 0$ реакция замедляется, а при $\rho > 0$ — интенсивность реакции нарастает. При распаде ядра подавляющее большинство нейтронов вылетает из ядра практически мгновенно (т. е. за время, существенно меньшее времени жизни поколения нейтронов), но небольшая доля β (доля запаздывающих нейтронов) испускается ядрами-осколками через достаточно большой промежуток времени (~ 10 с.). Для различных типов реакторов величина β колеблется от 0,2 до 0,7 %, для рассматриваемого реактора РБМК на момент перед аварией $\beta = 0,45$ %. Избыточная реактивность зависит от параметров среды, в том числе и от плотности теплоносителя γ . Паровым коэффициентом реактивности называют α_p — отношение изменения реактивности к изменению объемного содержания пара.

По вопросу о причинах разгона мощности авторы [12–16], исходя из расчетных моделей, утверждают, что при уменьшении плотности теплоносителя должен наблюдаться сильный рост избыточной реактивности реактора до 5β — кривая *a* на рис. 1 [14]. Кривая *b* на рис. 1 представляет зависимость, полученную на стадии проектирования [17], согласующуюся с экспериментальными результатами, полученными в ходе испытаний реактора РБМК-1000, взятыми из [18].

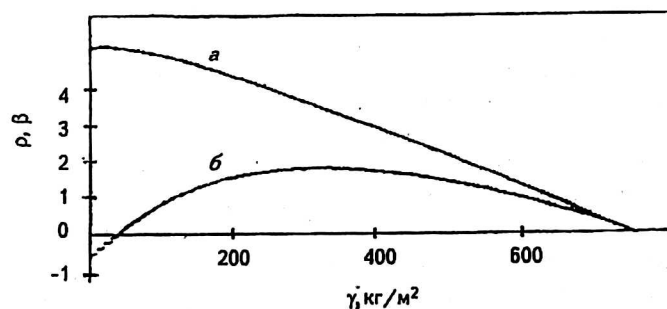


Рис. 1. Зависимость избыточной реактивности от плотности теплоносителя в единицах β :
а — расчет после аварии; б — проектный расчет до аварии

Ход кривых на рис. 1 значительно различается в области малых γ . Расчетная кривая *b* подтверждена результатами экспериментальных опытов, в то время как в экспериментальное обоснование расчетной кривой *a* положено единичное событие, произошедшее в 1986 г. на IV блоке Чернобыльской АЭС. Никто не станет от-

рицать, что событие 26 апреля 1986 г. на Чернобыльской АЭС имело колоссальную значимость и последствия, однако с научной точки зрения кривая β представляется более обоснованной.

Заметим, что при избыточной реактивности $\rho > \beta$ происходит разгон реактора на мгновенных нейтронах. Следовательно, если приведенная в [12] зависимость $\rho(\gamma)$ является истинной, то реактор можно разогнать, просто вылив весь теплоноситель. Фактически банальная авария в подаче воды приводит к неуправляемому разгону реактора на мгновенных нейтронах с периодом меньше 0,1 с (т. е. реактор превращается в "атомную бомбу"). Если это действительно так, то дальнейшая эксплуатация реакторов этого типа просто недопустима. Однако авторы надеются, что истинной является более разумная зависимость β , полученная конструкторами реактора, которые, будучи людьми ответственными, не только рассчитывали, но и проверяли экспериментально все основные параметры системы на различных стадиях выгорания топлива [18].

По официальной версии авария развивалась следующим образом: из-за локального увеличения мощности произошел перегрев теплоносителя. Перегрев вызвал уменьшение плотности теплоносителя γ , что в свою очередь привело к росту избыточной реактивности (a на рис. 1). Рост реактивности привел к росту интенсивности реакции и увеличению мощности (выделяемая мощность пропорциональна плотности нейтронов). Другими словами, это привело к развитию неустойчивости плотности нейтронов во времени.

Нам удалось показать, что время развития такой неустойчивости существенно превышает фактическое время разгона реактора, наблюдавшееся при аварии, даже если принять в качестве исходных данных весьма сомнительную расчетную зависимость a коэффициента избыточной реактивности от плотности теплоносителя. Заметим, что кроме парового коэффициента реактивности на динамику развития неустойчивости оказывают влияние температурный и мощностной коэффициенты, которые приводят к уменьшению скорости роста реактивности [18]. Именно по этой причине в реальных экспериментах тяжело реализовать внесение положительной избыточной реактивности, большей β .

Факты о характере разгона реактора

В работе [19] весьма убедительно показано, что при аварии разгон реактора РБМК-1000 IV энергоблока Чернобыльской АЭС происходил на запаздывающих нейтронах. Аргументация автора [19] основана на показаниях приборов, из которых следует, что первые 6 с разгон мощности происходил при неизменном избытке реактивности реактора $\rho \sim 0,5\beta$, причем мощность изме-

нялась со временем приближенно по экспоненциальному закону $N = 200 \cdot e^{t/3}$ МВт, с периодом 3 с. Еще через 4 с был зарегистрирован сигнал резкого повышения давления газа в графитовой кладке реактора. Таким образом, по имеющимся фактическим данным, разгон мощности реактора в целом продолжался $t \sim 10$ с. Из этого факта в работе [19] совершенно справедливо сделан вывод о том, что разгон реактора происходил с участием запаздывающих нейтронов, 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.

Отсутствие разгона реактора на "мгновенных" нейтронах косвенно подтверждается отсутствием видимых повреждений стенок реактора, так называемой схемы КЖ (кожух). Этот факт был установлен в 1990 г. сотрудниками "Комплексной экспедиции" ИАЭ, когда с помощью бурения скважин удалось через перископ визуально осмотреть внутреннюю поверхность реактора.

Весь внутренний объем реактора оказался пуст, т. е. полностью отсутствовало содержимое реактора. Видимых деформаций и повреждений внутренней стенки реактора отмечено не было, более того, сохранилась даже краска на схеме КЖ. На рис. 2 представлен фрагмент внутренней поверхности реактора, сделанный с помощью телекамеры через скважину, пробуренную из помещения № 605 сквозь биологическую защиту реактора. Визуально было установлено, что лишь в юго-восточном квадранте на внутренней поверхности стенки наблюдались следы копоти. Этот факт ставит под большое сомнение версию о возникновении пожара в самом реакторе с последующим плавлением топлива. К такому же выводу пришли специалисты, исследовавшие фрагменты топлива [20].



Рис. 2. Фрагмент внутренней поверхности шахты реактора

Принимая во внимание все вышеперечисленные аргументы, можно прийти к неутешительному выводу о том, что общепринятый на сего-

дняшний день сценарий аварии [12, 13] не только не объясняет факты, но и находится с ними в прямом логическом противоречии.

Анализ влияния парового коэффициента реактивности

В рамках официальной версии причиной роста реактивности называется большой паровой коэффициент. Но в этом случае скорость роста реактивности пропорциональна плотности нейтронов, и поэтому нейтронный поток растет значительно медленнее, чем при скачкообразном изменении реактивности, что рассмотрено в [19]. Покажем, что даже при завышенной расчетной зависимости $\rho(\gamma)$ — кривая *a* на рис. 1 — рост мощности реактора в e раз с 200 до 530 МВт не мог произойти быстрее, чем за 20 с, тогда как фактически такой рост произошел за 3 с.

Предположим, что выполняется завышенная расчетная зависимость $\rho(\gamma)$ — кривая *a* на рис. 1; даже в этом случае паровой коэффициент реактивности α_p (отношение изменения реактивности к изменению объемного содержания пара) не превышает

$$\alpha_p = \frac{d\rho}{d\gamma} < \frac{6\beta}{75\%} = 3,6 \cdot 10^{-4} \%^{-1},$$

так как из данных [18, с. 34] следует, что для реактора, вышедшего на стационарный режим перегрузки топлива, $\beta = 0,0045$. Заметим, что в официальной информации [13] указывается меньший коэффициент $\alpha_p = 2 \cdot 10^{-4} \%^{-1}$.

По данным конструкторов [18], паропроизводительность реактора при номинальной мощности равна 1,5 т/с, при этом в реакторе находится одновременно не менее 30 т теплоносителя, а скорость изменения плотности теплоносителя (паросодержания) пропорциональна мощности (плотности нейтронов).

Теплоноситель прокачивается через реактор восемью главными циркуляционными насосами (ГЦН). В соответствии с программой испытаний на IV блоке ЧАЭС четыре из них были запитаны от электрической сети III энергоблока ЧАЭС. Следовательно, даже при отключении IV блока эти четыре ГЦН должны были обеспечить нормальное охлаждение реактора по крайней мере до 50 % номинальной мощности, а разгон реактора начался с 6 % номинальной мощности.

Если все же предположить, что движение теплоносителя через реактор было по каким-то причинам полностью остановлено (чего быть не могло), то даже в этом крайнем случае скорость изменения реактивности не превысит

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{d\rho}{d\gamma} \frac{d\gamma}{dt} < \frac{6\beta}{0,75} \frac{1,5 \text{ тс}^{-1}}{30 \text{ т}} \frac{W}{W_n},$$

где $W = 200$ МВт — начальная мощность реактора, с которой начался разгон;

$W_n = 3200$ МВт — номинальная мощность.

Следовательно, для функции $\rho(t)$ получаем уравнение

$$\frac{d\rho}{dt} = \alpha\beta \frac{n}{n_0}, \quad (2)$$

где $\alpha < 0,025 \text{ с}^{-1}$;

n — плотность;

n_0 — начальная плотность нейтронов.

Обратим внимание на то, что уравнение (2) выполняется локально, так как мы воспользовались лишь тем предположением, что находящийся в замкнутом объеме теплоноситель выпаривается за счет выделяемой тепловой энергии.

Запишем уравнения кинетики реактора [21]

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho - \beta}{T} n + \sum_i \lambda_i C_i, \quad \frac{dC_i}{dt} = \frac{\beta_i n}{T} - \lambda_i C_i, \quad (3)$$

где C_i и λ_i — плотности и постоянные распада ядер-излучателей запаздывающих нейтронов, соответственно;

$T \sim 10^{-3} \text{ с}$ — время жизни одного поколения мгновенных нейтронов.

В работе [21] приведены решения этих уравнений в приближении одной (эффективной) группы запаздывающих нейтронов ($\lambda = 0,1 \text{ с}^{-1}$) для случая скачкообразного и линейного изменения реактивности. При рассмотрении всех групп запаздывающих нейтронов вычисления становятся более громоздкими, но не меняют качественных выводов.

Проанализируем решения системы нелинейных дифференциальных уравнений (2)–(3) в приближении одной эффективной группы запаздывающих нейтронов. Перейдем к следующим безразмерным переменным: $\tilde{\rho} = \rho / \beta$, $\tilde{n} = n / n_0$. Из (2) и (3) путем дифференцирования и несложных подстановок приходим к уравнениям

$$\frac{d\tilde{\rho}}{dt} = \alpha\tilde{n}, \quad (4)$$

$$\left(\frac{T}{\beta}\right) \frac{d^3\tilde{\rho}}{dt^3} + \left(\frac{T\lambda}{\beta} + 1\right) \frac{d^2\tilde{\rho}}{dt^2} - \left(\frac{d\tilde{\rho}}{dt}\right)^2 - \tilde{\rho} \left(\frac{d^2\tilde{\rho}}{dt^2} + \lambda \frac{d\tilde{\rho}}{dt}\right) = 0.$$

Интегрируя один раз уравнение (4) и учитывая начальные условия $\tilde{\rho}(0) = 0$, $\tilde{\rho}'(0) = \alpha$ и $\tilde{\rho}''(0) = \alpha\tilde{n}'(0) = 0$, так как разгон начался из стационарного состояния, получаем

$$\left(\frac{T}{\beta}\right) \frac{d^2\tilde{\rho}}{dt^2} + \left(\frac{T\lambda}{\beta} + 1\right) \frac{d\tilde{\rho}}{dt} - \tilde{\rho} \frac{d\tilde{\rho}}{dt} - \frac{\lambda\tilde{\rho}^2}{2} = \left(\frac{T\lambda}{\beta} + 1\right) \alpha. \quad (5)$$

Так как в рассматриваемом случае (5) $T\lambda \ll \beta$ и $T\alpha \ll \beta$, то приходим к уравнению

$$e^{-\frac{\beta}{T}t} \left(\frac{T}{\beta} \right) \frac{d}{dt} \left[e^{\frac{\beta}{T}t} \frac{d\tilde{\rho}}{dt} \right] = \alpha + \frac{1}{2} e^{-\lambda t} \frac{d}{dt} \left[e^{\lambda t} \tilde{\rho}^2 \right]. \quad (6)$$

Нелинейный член в (6) становится существенным при $\tilde{\rho} \sim \sqrt{2\alpha/\lambda} \sim 0,7$. Несложно получить решения этих уравнений при временах $t \ll \ll \alpha^{-1} = 40$ с путем разложения по степеням t . Переходя к переменным уравнениям (3), с кубической точностью получаем

$$\rho(t) = \beta \left[\alpha t + \frac{1}{2} \alpha^2 t^2 + \left(\frac{1}{2} \alpha^3 + \frac{\lambda}{6} \alpha^2 \right) t^3 + o((\alpha t)^3) \right], \quad (7)$$

$$n(t) = n_0 \left[1 + \alpha t + \left(\frac{3}{2} \alpha^2 + \frac{\lambda}{2} \alpha \right) t^2 + o((\alpha t)^2) \right].$$

Напомним, что $\alpha < 0,025 \text{ с}^{-1}$, а решением (7) можно пользоваться при временах, меньших 40 с, т. е. по крайней мере, первые 10 с. Это означает, что в рамках принятых начальных условий рост мощности за первые 10 с не мог быть существенно больше 1,5 раза. Этот результат согласуется с решениями работы [21], так как в нашем случае первое время избыточная реактивность растет линейно со скоростью α . Так как при аварии реактор разогнался каждые 3 с в e раз, то можно сделать вывод, что даже столь высокий паровой коэффициент реактивности, который взят за основу в [12] — кривая a на рис. 1, не мог быть причиной разгона реактора при перегре теплоносителя.

Как уже отмечалось (и читатель может сам в этом убедиться), учет всех групп запаздывающих нейтронов не изменит полученного результата: рост мощности реактора в e раз с 200 до 530 МВт не мог произойти быстрее, чем за 20 с, тогда как фактически такой рост произошел за 3 с.

Мы пришли к выводу, что предлагаемые численные модели [14—16], скорее всего, дают завышение скорости разгона мощности реактора, что порождает сомнения и в правильности расчетов зависимости избыточной реактивности от плотности теплоносителя — кривая a на рис. 1, которая является чрезмерно завышенной по отношению к проектной b на рис. 1 [17].

Анализ пространственной неоднородности

Рассмотрим далее утверждение [12] о разгоне реактора из-за пространственной неоднородности

энерговыведения (плотности нейтронов). Во-первых, заметим, что характер взрывной разгерметизации реактора и разлета его конструктивных элементов свидетельствует, скорее всего, о достаточно однородном по объему увеличении плотности нейтронов [22]. Кроме того, уже в классических работах Ферми [23] было показано, что учет пространственной неоднородности при небольшой положительной избыточной реактивности приводит к *затуханию* высоких пространственных гармоник. При большой реактивности высокие пространственные гармоники растут по крайней мере медленнее основной. Действительно, первое уравнение (3) при учете пространственной неоднородности принимает следующий вид [23]:

$$\frac{dn}{dt} = D\Delta n + \frac{\rho - \beta}{T} n + \sum_i \lambda_i C_i, \quad (8)$$

где $D = lv/3$ — коэффициент диффузии нейтронов;
 v — скорость нейтрона;
 $l = (\sigma_{dis}n)^{-1}$ — средняя длина переноса (пробег по отношению к рассеянию).

Заметим, что $D = L^2/T$, где T — как и раньше, время жизни одного поколения мгновенных нейтронов, $L = (l\Lambda)^{1/2}$ — длина диффузии, $\Lambda = (\sigma_{abs}n)^{-1}$ — средний свободный пробег по отношению к захвату или поглощению. Длина диффузии для графита $L \sim 50$ см, для воды ~ 3 см. При поиске собственных решений уравнений (8) в виде $n(t) = \varphi(x, y, z)f(t)$, считая, что на границе реактора $n = 0$, приходим к

$$\Delta\varphi = -k^2\varphi,$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho - (kL)^2 - \beta}{T} n + \sum_i \lambda_i C_i.$$

То есть фактически неоднородность приводит к уменьшению реактивности на величину $(2\pi L/a)^2$, где a — длина волны пространственной гармоники. Другими словами, в уравнениях кинетики реактора из-за неоднородности пространственного распределения нейтронов появляется “диффузионный член”. Он обуславливает сглаживание (“размывание”) пространственных неровностей плотности нейтронов.

Подытожим вышесказанное:

официальные версии модели аварии противоречат зафиксированным фактам и современным физическим представлениям в следующих пунктах:

- зависимость реактивности от плотности теплоносителя завышена и противоречит проектной;
- время развития неустойчивости, полученное аналитически из анализа уравнений, даже с

учетом завышенной реактивности, существенно превышает результаты численного моделирования;

- утверждение о сильной пространственной неоднородности не объясняет указанного расхождения и противоречит характеру взрыва и фундаментальным представлениям, изложенным в классических работах Ферми;

так как до сих пор нет убедительного объяснения механизма развития аварии, то, видимо, в рамках современного научного представления это сделать весьма проблематично;

для объяснений причин и механизма аварии, по нашему мнению, следует предположить, что при аварии могло проявиться новое физическое явление (или даже комплекс явлений).

Эксперименты по изучению свойств магнитного монополя

Известно, что помимо нейтронного существуют и другие механизмы деления урана, например под действием медленных мюонов [24]. Теоретически рассмотрен механизм деления ядер урана под действием магнитных монополей [25]. В работе [25] высказывается предположение о том, что монополь — ядерное взаимодействие является столь сильным, что монополь, проходящий близко к ядру, может индуцировать деление ^{238}U .

В работе [9] для объяснения экспериментально наблюдаемых явлений при электровзрыве в жидкости 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 [9], на основе выдвинутой гипотезы можно объяснить регистрируемые с помощью ядерных эмульсий аномальные треки, наблюдающуюся трансформацию ядер и сдвиг мессбауэровских спектров ^{57}Fe .

Для подтверждения выдвинутой гипотезы об образовании монополей авторами работы [26] были проведены эксперименты по обнаружению индуцированного деления ^{238}U при электровзрыве фольги в жидкости. Результатом экспериментов явилось установление факта изменения первоначального изотопного соотношения урана в пользу ^{235}U , поэтому предположение о рождении магнитных монополей при электровзрыве в жидкости выглядит не таким уж фантастичным.

Отмеченное в [26] падение удельной активности урана в результате электровзрыва металлической фольги, скорее всего, связано с трансформацией ядер урана. Однако, учитывая, что

предсказанные в [5—7] монополи являются лептонами, можно предположить, что они должны оказывать заметное влияние на β -распад. В экспериментах зарегистрированы заметные искажения периодов β -распада изомерных ядер $^{234}\text{Th}^m$ [26], являющихся дочерними продуктами ^{238}U .

Таким образом, проведенные эксперименты явились аргументом в пользу существования магнитных монополей и серьезной поддержкой высказанной в [9] гипотезы. Предположим теперь, что магнитные монополи попали в реактор РБМК и посмотрим, опираясь на результаты работ [9, 26], к чему бы это могло привести.

β^- -распад в связанное состояние

Несмотря на привычное представление о том, что ядерные процессы значительно отличаются от атомных по временному, пространственному и энергетическому масштабу, в физике известно много примеров тесной взаимосвязи ядерных и атомных явлений.

В работах [27—30] строится теория β^- -распада в связанное состояние электрона (при котором β -электрон не покидает атом, а занимает свободную орбиту). Обращается внимание [31] на то, что распад в связанное состояние дополнительно увеличивает фазовый объем конечных состояний и, следовательно, увеличивает вероятность β^- -распада. В работах [29, 30] вычислены отношения постоянных распада (вероятностей β^- -распада) в связанное λ_b и свободное состояние λ_c . Для полностью ионизованных тяжелых атомов при β^- -распадах с малыми энергиями отношение λ_b/λ_c может достигать огромной величины 10^3 — 10^4 , т. е. наличие свободных электронных орбит может увеличить вероятности β^- -распада ядер в тысячи раз.

Теория β^- -распада в связанное состояние была экспериментально подтверждена в работах [32, 33]. Причем для ^{187}Re [33] полная ионизация уменьшила период полураспада в 10^9 раз ($4,3 \cdot 10^{10}$ года для нейтрального атома; 33 года для полностью ионизованного ядра).

Расчет отношения вероятностей β^- -распада в связанное и свободное состояния аналогичен классическому расчету отношения вероятностей K -захвата к вероятности позитронного β^+ -распада [34]. Пользуясь результатами [32—34], запишем следующее важное утверждение:

появление свободной электронной орбиты увеличивает постоянную β^- -распада λ любого разрешенного перехода на величину $\delta\lambda$ (в атомных единицах $\hbar = c = m_e = 1$)

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{\pi}{2} \frac{|\Psi_e(R)|^2 (E-1)^2}{f(Z,E)} \sim \frac{2\pi(\alpha Z)^3 (E-1)^2}{N^3 f(Z,E)}, \quad (9)$$

где $\Psi_e(R)$ — плотность электронных волновых функций в области ядра;

E — энергия перехода;

Z — заряд ядра;

$f(Z,E)$ — интегральная функция Ферми

$$f(Z,E) = \int_1^E F(Z, \epsilon) \epsilon \sqrt{\epsilon^2 - 1} (E - \epsilon)^2 d\epsilon, \quad (10)$$

где $\alpha = 1/137$ — постоянная тонкой структуры;

N — главное квантовое число свободной орбиты.

Второе равенство в (9) получено в приближении водородоподобной орбиты. Пользуясь известным приближением [34] и тем, что функция $f(Z, E)$ (10) растет с энергией быстрее, чем E^2 (для $E \gg 1$, можно воспользоваться приближением $f \sim E^5/30$), получаем из (9) оценку (для $N = 1$)

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} \sim 60\pi \left(\frac{\alpha Z}{E} \right)^3. \quad (11)$$

Видно, что изменение $\Delta\lambda/\lambda$ будет больше для переходов с меньшими энергиями E , т. е. для переходов на более высокие (возбужденные) уровни дочернего ядра.

В работах [27—33] рассматривается β -распад в связанные состояния на орбиты, освободившиеся в результате ионизации атома. Однако это не единственный способ освободить электронные орбиты. В работах [35, 36] обращено внимание на перестройку атомных электронов в сильном магнитном поле. В работе [35] показано, что у тяжелых атомов в сильном магнитном поле электроны не стремятся занимать нижние энергетические уровни, т. е. атом возбуждается, а ближайшие к ядру электронные орбиты освобождаются для β -распада в связанные состояния. Можно предположить, что таким образом магнитный монополюс открывает каналы β -распада в связанные состояния. Далее рассмотрим, как β -распад в связанные состояния повлияет на долю запаздывающих нейтронов в реакторе.

Влияние изменения свойств распада ядер-излучателей запаздывающих нейтронов на реактивность

В результате деления ^{235}U образуется большое количество осколков с атомными весами A от 72 до 160. Массовые и зарядовые распределения

осколков хорошо изучены. Большинство осколков являются нестабильными нейтронно-избыточными ядрами [37, 38]. Часть этих ядер, являющихся источниками запаздывающих нейтронов, распадается по следующей схеме (рис. 3) [38].

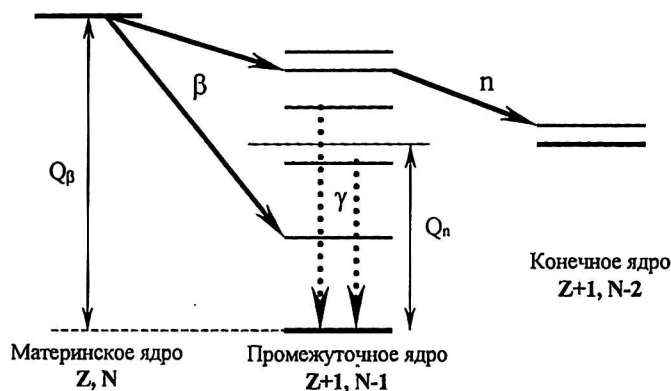


Рис. 3. Схема распада ядра-излучателя запаздывающего нейтрона:

Q_β — максимальная энергия β -распада; Q_n — энергия связи нейтрона в промежуточном ядре

При β -распаде материнского ядра (излучателя запаздывающего нейтрона) по каналу с меньшими энергиями β -перехода образуется промежуточное ядро в возбужденном состоянии. При энергии возбуждения, большей Q_n — энергии связи нейтрона, промежуточное ядро испускает нейтрон. Испускание последнего из промежуточного ядра происходит практически мгновенно, а время "запаздывания" определяется временем жизни материнского ядра. Заметим, что доля запаздывающих нейтронов определяется β -распадами с малыми энергиями, их интенсивность для всех ядер-излучателей запаздывающих нейтронов не превышает 10 % [38].

Для большинства промежуточных ядер энергия отделения нейтрона составляет $Q_n \sim 5-7$ МэВ. Следовательно, так как энергия β -распада, приводящего к рождению нейтрона $Q_\beta - Q_n$, существенно меньше Q_β , то из оценки (11) видно, что при возникновении каналов распада в связанное состояние отношение $\delta\lambda_n/\lambda_n$ для нейтронного канала, идущего с малыми энергиями E , будет существенно превышать $\delta\lambda_\beta/\lambda_\beta$ безнейтронного распада на низкие уровни

$$\frac{\delta\lambda_n}{\lambda_n} > \frac{\delta\lambda_\beta}{\lambda_\beta}. \quad (12)$$

Доля запаздывающих нейтронов — β пропорциональна отношению

$$\beta \propto \frac{\lambda_n}{\lambda_n + \lambda_\beta}.$$

Несложно получить, что относительное изменение доли запаздывающих нейтронов составляет

$$\frac{\delta\beta}{\beta} = \frac{\lambda_\beta}{\lambda} \left(\frac{\delta\lambda_n}{\lambda_n} - \frac{\delta\lambda_\beta}{\lambda_\beta} \right) > 0,$$

где $\lambda = \lambda_n + \lambda_\beta + \delta\lambda_n + \delta\lambda_\beta$.

Следовательно, *появление свободной электронной орбиты атома-излучателя запаздывающих нейтронов приводит к увеличению их доли!*

Отметим, что освободить электронные орбиты можно, например, сильным электромагнитным импульсом.

В уравнениях (3) учитывались концентрации только тех ядер-излучателей запаздывающих нейтронов, которые испытали распад по нейтронному каналу, а осколки, испытавшие β -распад без излучения нейтрона, считались потерянными для процесса цепной реакции. Фактически те нейтроны, которые привели к образованию осколков, испытавших безнейтронный β -распад, учитывались в увеличении потерь, т. е. в уменьшении реактивности ρ .

Известно [38], что количество распадов с рождением нейтронов составляет не более $\nu_n \sim 10\%$ общего числа β -распадов ядра-излучателя запаздывающих нейтронов. Так как в стационарном режиме работы реактора доля запаздывающих нейтронов $\beta \sim 5 \cdot 10^{-3}$, постоянная распада ядер-излучателей $\lambda \sim 0,1 \text{ с}^{-1}$, время жизни мгновенных нейтронов $T \sim 10^{-3} \text{ с}$, из (3) для общего количества ядер-излучателей запаздывающих нейтронов (включая и те ядра, которые испытают распад без рождения нейтрона) получаем

$$C = \nu_n \frac{\beta}{\lambda T} n \sim \nu_n 50n \sim 500n,$$

т. е. количество ядер-излучателей запаздывающих нейтронов более чем на два порядка превышает количество мгновенных нейтронов.

В реакторе постоянно находится огромное количество ядер-осколков, способных излучить нейтроны. Следовательно, нарушение в физике распада ядер-излучателей запаздывающих нейтронов может привести к значительным изменениям плотности нейтронов.

Для анализа поведения реактора при изменении постоянных β -распада λ запишем уравнения кинетики (3) в приближении одной группы запаздывающих нейтронов с учетом всего количества ядер-излучателей запаздывающих нейтронов (включая и те, распад которых не привел к образованию нейтрона)

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho - \beta}{T} n + \lambda_n C, \quad (13)$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\beta_f n}{T} - (\lambda_n + \lambda_\beta) C,$$

- где n — плотность нейтронов;
 ρ — реактивность реактора;
 β — доля запаздывающих нейтронов;
 $T = 10^{-3} \text{ с}$ — время жизни одного поколения мгновенных нейтронов;
 C — плотность ядер-излучателей запаздывающих нейтронов, включая и те ядра-излучатели, которые испытали β -распад без рождения нейтрона;
 λ_n — постоянная β -распада с рождением нейтронов;
 λ_β — постоянная β -распада без рождения нейтронов;

$\beta_f = \beta(\lambda_n + \lambda_\beta)/\lambda_n$ — доля всех рождающихся ядер-излучателей запаздывающих нейтронов.

Рассмотрим поведение реактора, работающего в стационарном режиме, т. е. реактивность $\rho = 0$, причем реактивность по мгновенным нейтронам $\rho_{ins} = -\beta_b$ остается постоянной (β_b — начальная доля запаздывающих нейтронов). Рассмотрим изменения $\lambda_\beta \rightarrow (\lambda_\beta + \delta\lambda_\beta)$ и $\lambda_n \rightarrow (\lambda_n + \delta\lambda_n)$, удовлетворяющие условию (12). Считая, что изменение происходит мгновенно (за время $\ll T$), из (13) получаем уравнение

$$\frac{d^2 n}{dt^2} + \left[\frac{\beta_b}{T} + (\lambda_n + \lambda_\beta + \delta\lambda_n + \delta\lambda_\beta) \right] \frac{dn}{dt} - \frac{\beta_b}{T} n \left[\delta\lambda_n \frac{\lambda_\beta}{\lambda_n} - \delta\lambda_\beta \right] = 0,$$

которое в первом порядке по $\delta\lambda$ описывает неустойчивость с инкрементом

$$k = \frac{1}{2} \left[\frac{\beta_b}{T} + \lambda \right] \times \left[\sqrt{1 + 4 \left[\delta\lambda_n \frac{\lambda_\beta}{\lambda_n} - \delta\lambda_\beta \right] \frac{\beta_b}{T} \left[\frac{\beta_b}{T} + \lambda \right]^{-2}} - 1 \right],$$

где $\lambda = (\lambda_n + \lambda_\beta + \delta\lambda_n + \delta\lambda_\beta)$;

β_b — начальная доля запаздывающих нейтронов.

В приближении $T\lambda \ll \beta_b$ получаем

$$k = \lambda_\beta \left(\frac{\delta\lambda_n}{\lambda_n} - \frac{\delta\lambda_\beta}{\lambda_\beta} \right).$$

Из [38] известно, что основной вклад в рождение запаздывающих нейтронов дают осколки $Z \sim 35-37$. Для безнейтронного канала энергия перехода $E_\beta \gg E_n \sim 1$ (в единицах энергии покоя электрона). Пользуясь очень грубой количественной оценкой (11), получаем

$$k - \lambda \frac{\delta\lambda_n}{\lambda_n} \sim \lambda 60\pi \left(\frac{\alpha 35}{1} \right)^3 \sim \pi \lambda \sim 0,3s^{-1},$$

т. е. время увеличения мощности в e раз может быть ~ 3 с. Конечно, оценка очень грубая, но ее совпадение с периодом разгона реактора при аварии на ЧАЭС вряд ли является простым совпадением.

Итак, рассматриваемый механизм развития аварии сводится к следующему:

- воздействие сильного магнитного поля на активную зону реактора приводит к искажению электронных оболочек ядер-излучателей запаздывающих нейтронов с образованием свободных электронных орбит вблизи ядра;

- делает возможным β^- -распад в связанное состояние, что приводит к увеличению постоянной распада $\lambda \rightarrow \lambda + \delta\lambda$;

- относительное увеличение вероятности распадов на возбужденные уровни, приводящих к излучению нейтрона $\delta\lambda_n/\lambda_n$, существенно превышает $\delta\lambda_\beta/\lambda_\beta$ безнейтронных каналов распада;

- возрастает β — доля запаздывающих нейтронов;

- в активной среде это приведет к разгону реактора.

Другими словами, в отличие от официальной версии [12] увеличивается не реактивность до 5β (см. рис. 1), а сама доля запаздывающих нейтронов, т. е. величина β .

Феноменологическая модель явления трансформации ядер

Экспериментальные результаты [9, 26] показывают, что при электровзрывах металлической фольги в жидкостях наблюдается трансформация ядер, сопровождающаяся искажением природного изотопного соотношения ряда элементов. Трансформация ядер принципиально отличается от ядерных реакций: затраченные и выделяемые энергии малы — не превышают 1 кэВ на родившийся атом. Было сделано предположение, что процесс трансформации ядер является существенно коллективным явлением, т. е. его нельзя рассматривать как большое количество двух частных столкновений.

В попытке научиться анализировать наблюдаемое явление была построена численная модель, аналогичная [39], которая на основе фундаментальных законов сохранения: барионного заряда (количество нуклонов), электрического заряда, лептонного заряда, энергии — находит такие ансамбли ядер, которые были бы наиболее близки к начальному ансамблю по суммарной энергии. Энергии связи ядер брались из [40].

Модель в качестве элементарного акта трансформации рассматривает обмен нуклонами внутри кластера, состоящего из исходных ядер, при котором изменение энергии (на один элементарный акт) не превышает 10—30 кэВ. Результатом расчета является распределение появившихся и исчезнувших в результате процесса трансформации изотопов. В результате расчетов удается получать комбинации, которые отличаются от исходной на энергию порядка точности измерения энергии связи ядер (< 1 кэВ).

При сравнении результатов численного моделирования и экспериментальных данных было показано [41], что чем больше размер кластера элементарного акта модели, тем ближе результаты расчетов к экспериментальным данным, что подтверждает предположение о коллективности процесса. Кроме того, замечено, что если в качестве исходных берутся ансамбли из стабильных изотопов, то и ближайшие к ним ансамбли состоят именно из стабильных изотопов, что соответствует экспериментальным данным.

На основе численного эксперимента было предположено, что если произвести электровзрыв титановой фольги при наличии ванадия, то должно наблюдаться изотопное искажение Fe в сторону увеличения изотопа ^{57}Fe (в природе 2,2 %); именно это отличало ванадий от других элементов. Проведенный эксперимент с солями ванадия показал изотопный сдвиг Fe в сторону увеличения ^{57}Fe (до $3,7 \pm 0,5$ %) [41]. Моделирование процесса трансформации для ядер урана показывает, что возможен сдвиг изотопного соотношения урана в сторону обогащения ^{235}U . Кроме того, при моделировании всегда появляется большое количество водорода, причем не гидролизного, а именно родившегося в результате ядерной трансформации. Следовательно, рост реактивности мог быть вызван не только изменениями в физике распада атомов-излучателей запаздывающих нейтронов, но и обогащением топлива ^{235}U .

Искажение изотопного соотношения

Механизм разгона реактора за счет низко-энергетической ядерной трансформации топлива должен привести к значительному изотопному искажению соотношения $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$. Известно, что на момент аварии количество ^{235}U соответствовало эффективному обогащению 1,1 %. Измерения изотопного соотношения урана в почвах ближайшей зоны ЧАЭС, приведенные в [11], 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 первоначально полученных результатов [11].

К сожалению, масс-спектрометрические исследования топлива IV блока ЧАЭС в течение 10 лет после аварии проводились разрозненными группами, их результаты не систематизированы. В работе [10] представлены результаты экспериментальных исследований дисперсных фаз аэрозолей и вторичных урановых минералов. Из работы [10] следует, что наблюдаемое изотопное соотношение $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ соответствует обогащению $\sim 2\%$, но не может быть отнесено к свежему топливу, так как соотношение $^{239}\text{Pu}/^{235}\text{U}$ составляет $\sim 2,5$, а должно бы быть в 5 раз меньше. Такое несоответствие велико и не может быть объяснено методическими погрешностями. Несмотря на малочисленность результатов, они констатируют увеличение изотопного соотношения в сторону ^{235}U , что является серьезным аргументом в пользу выдвинутой гипотезы.

Возможная роль магнитного монополя в развитии аварии

Возникает резонный вопрос, откуда на IV блоке ЧАЭС могли появиться магнитные монополи и как они попали в реактор? Идея о привлечении магнитных зарядов в качестве механизма Чернобыльской аварии возникла в ходе исследования физических свойств "странного" излучения, наблюдаемого в работе [9]. На ядерных эмульсиях и пленочных детекторах, размещенных на расстоянии ~ 2 м от оси установки, при электро-взрыве металлической фольги в жидкостях [9] регулярно возникали аномально широкие треки, похожие на след гусеницы. Поскольку размеры регистрируемых треков не позволяли объяснить их происхождение известными типами излучения (α , β , γ), то было сделано предположение о регистрации нового типа излучения, которое условно назвали "странным". Вид треков менялся

при наложении на установку вдоль оси Z слабого магнитного поля $H_z \sim 20$ Э. Последнее обстоятельство позволило предположить наличие магнитной природы у регистрируемого излучения, а само излучение идентифицировать как поток магнитных частиц [5–7].

В экспериментах, описанных в работе [9], источником тока служил разряд конденсаторной батареи. При испытаниях на ЧАЭС 26.04.86 г. 8-й турбогенератор был отключен от подстанции и служил источником тока для собственных нужд IV энергоблока. Следует отметить, что первоначальная мощность "выбегающего" турбогенератора составляла 40 МВт, а сам "выбег" проходил ~ 40 с, и при случайном коротком замыкании одного из элементов электрической цепи могли возникнуть условия, схожие с экспериментальными условиями в работе [26]. Такая аналогия является в значительной степени интуитивной, но она хорошо совпадает с показаниями оперативного персонала.

Ю. Трегуб, начальник предыдущей смены IV энергоблока: «Сначала услышал характерный шум останавливающегося турбогенератора, а секунд через шесть раздался удар. Подумал, что "полетели" лопасти 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 IV энергоблоком» [42].

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

А. Дятлов, зам. главного инженера второй очереди ЧАЭС: "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 ощутимым" [43].

Таким образом, данная гипотеза, вопреки общепринятому мнению, предполагает начало развития аварии со стороны машзала, а нажатие 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 образовавшиеся 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 вместе с паром, как по волноводам. По паропроводам должен был потечь "магнитный ток". Расположенные рядом с таким полем электрические кабели должны были бы притягиваться к магнитному току, образованному монополями, движущимися по паропроводам. Что и наблюдается, если пройти по трассе паропровода, более того, часть электрораспределительных щитов была сорвана вместе с крепежной арматурой и фрагментами перегородок (помещения в районе барабанов-сепараторов). А в помещениях самих барабанов-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 (двух северных и двух южных). Срыв произошел именно на тех ГЦН, которые были запитаны от "выбегающего" турбогенератора № 8. Остальные четыре ГЦН были запитаны от третьего блока, и с этими насосами ничего не произошло.

Попав в реактор, магнитные монополи, как отмечалось выше, должны были провзаимодействовать с ядрами топлива и ядрами-излучателями запаздывающих нейтронов, что привело к росту реактивности, следовательно, росту мощности и паровому взрыву. Возможное появление большого количества водорода в результате ядерной трансформации [41] могло привести и к взрыву водорода.

Возникновение двух последовательных взрывов в районе реактора в момент аварии [43] в рамках рассматриваемого механизма находит логичное объяснение, если учесть существующее различие в длине трубопроводов от машзала к северным и южным барабанам—сепараторам.

Основываясь на экспериментальных результатах [9], можно утверждать, что трансформации при определенных условиях под действием магнитных монополей могли подвергнуться не только ядра ^{238}U , но и ряд других ядер, например, ^{12}C . 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. При

исследовании элементного состава послеаварийных фрагментов графитовых блоков с IV реактора ЧАЭС наблюдались значительные вкрапления Al, Si, Na, U в толще 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 [42]. Этот факт может быть объяснен в рамках взаимодействия магнитных монополей с возбужденными атомами, которое смещает электронные уровни оптических переходов [44, 45] так, что может возникать непривычная для глаза цветовая гамма.

Заключение

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

Для проверки высказанной гипотезы предлагается провести следующие исследования:

более тщательно измерить изотопный состав урана в ТСМ (топливосодержащая масса);

измерить изотопный и элементный состав графитовых блоков и углерода, содержащегося в ТСМ (конечно, с учетом проведенной кампании).

Весьма возможно, что удастся обнаружить радионуклиды, не характерные для уран-топливного цикла, так как часть ^{238}U должна была делиться под действием монополей.

В центральном зале остались кассеты со свежим топливом, они сохранили свою герметичность. Если магнитные монополи действительно участвовали в аварии, то часть их могла попасть в свежее топливо и тем самым исказить начальное изотопное соотношение в пользу ^{235}U .

Авторы хотят отметить заслугу члена-корреспондента РАН Г. Н. Кружилина, чья пионерская работа [19] послужила отправной точкой размышлений над механизмом разгона реактора.

Авторы выражают глубокую признательность своим коллегам: В. А. Владимирову, А. Г. Волковичу, В. Н. Герасько, А. А. Корневу, К. П. Чечерову и многим другим, чьим самоотверженным трудом по крупицам собиралась достоверная информация о поставленном состоянии IV блока ЧАЭС.

Литература

1. Dirac P. A. M. Proc. Roy. Soc., 1931. V. A133. P. 60; Квантованные сингулярности в электромагнитном поле// Сб. Монополь Дирака. — М.: Мир, 1970. С. 40—57.
2. Поляков А. М. Спектр частиц в квантовой теории поля// Письма в ЖЭТФ, 1974. Т. 20. № 6. С. 430—433.
3. Lipkin H. J. Monopole nucleosynthesis — the wonderful things that monopoles can do to nuclei if they are there. Monopole'83. Proceedings of a NATO advanced research workshop. ANN arbor, MI, USA, 1983. P. 347—358.
4. Рубаков В. А. Сверхтяжелые магнитные монополи и распад протона// Письма в ЖЭТФ, 1981. Т. 33. № 12. С. 658—660.
5. Lochak G. Ann. Fond. L. de Broglie, 1983. № 8. P. 345; Ann. Fond. L. de Broglie, 1984. № 9. P. 5.
6. Lochak G. The symmetry between Electricity and Magnetism and the problem of the existence of Magnetic Monopole // Advanced Electromagnetism, Ed. T. W. Barrett and D. M. Grimes, World Scientific Publishing Company, Singapore, 1995. P. 105—147.
7. Лошак Ж. О возможности легкого, лептонного магнитного монополя, способного влиять на слабые взаимодействия// Прикладная физика, 2003. № 3. С. 10—13.
8. Schwinger I. Phys. Rev., 1966. V. 144. P. 1087; Магнитный заряд и квантовая теория поля// Сб. Монополь Дирака. — М.: Мир, 1970. С. 295—312.
9. Уруцкоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г. Экспериментальное обнаружение "странного" излучения и трансформации химических элементов// Прикладная физика, 2000. № 4. С. 83—100.
10. Кузьмина И. Е., Лобач Ю. Н. Ядерное топливо и особенности формирования аэрозолей в объекте "Укрытие"// Атомная энергия, 1997. Т. 82. № 1. С. 39—43.
11. Собоотович Э. В., Чебаненко С. И. Изотопный состав урана в почвах ближней зоны ЧАЭС// ДАН, 1990. С. 885—888.
12. Правительственная комиссия по изучению причин и обстоятельств аварии на Чернобыльской АЭС: Доклад. Причины и обстоятельства аварии 26 апреля 1986 г. на блоке IV Чернобыльской АЭС. Действия по управлению аварии и ослаблению последствий. С. 12—32.
13. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ// Атомная энергия, 1986. Т. 61. № 5. С. 302—320.
14. Адамов Е. О., Вазингер В. В., Василевский В. П. и др. Оценка качественных эффектов возможных возмущений во время аварии на ЧАЭС// Первая международная рабочая группа по тяжелым авариям и их последствиям. — М.: Наука, 1990.
15. Адамов Е. О., Василевский В. П., Ионов А. И. и др. Анализ первой фазы развития аварийного процесса на IV блоке Чернобыльской АЭС// Атомная энергия, 1988. Т. 64. № 1. С. 24—28.
16. Афанасьева А. А., Федосов А. М., Дондерер Р. и др. Анализ аварии на Чернобыльской АЭС с учетом разрушения активной зоны// Там же, 1994. Т. 77. № 2. С. 87—93.
17. Расчетно-пояснительная записка к техническому проекту РБМК// ИАЭ им. И. В. Курчатова, инв. № 35-877, 1966.
18. Доллежалъ Н. А., Емельянов И. Я. Канальный ядерный энергетический реактор. — М.: Атомиздат, 1980. С. 22—23, 34, 50, 96—97.
19. Кружилин Г. Н. О характере взрыва реактора РБМК-1000 Чернобыльской АЭС// ДАН, 1997. Т. 354. № 3. С. 331—332.
20. Андерсон Е. Б., Бураков Б. Е., Пазухин З. М. Плавилось ли топливо IV блока Чернобыльской АЭС// Радиохимия, 1992. № 5. С. 155—158.
21. Шульц М. Регулирование энергетических ядерных реакторов. — М.: ИЛ, 1957. С. 29—70.
22. Киселев А. Н., Суринов А. И., Чечеров К. П. Послеаварийное обследование реактора IV энергоблока Чернобыльской АЭС// Атомная энергия, 1996. Т. 80. № 4. С. 240—247.
23. Ферми Э. Научные труды. Т. 2. — М.: Наука, 1972. С. 316—326.
24. Беловицкий Г. Е., Россель К. Мгновенное деление ядер урана медленными отрицательными мюонами// Краткие сообщения по физике ФИАН, 1996. № 9—10.
25. Fiorentini G. The coupling between magnetic charges and magnetic moments. Monopole'83. Proceedings of a NATO advanced research workshop. ANN arbor, MI, USA, 1983. P. 317—331.
26. Волкович А. Г., Говорун А. П., Гуляев А. А., Жуков С. В., Кузнецов В. Л., Рухадзе А. А., Стеблевский А. В., Уруцкоев Л. И. Наблюдение эффектов искажения изотопного соотношения урана и нарушения векового равновесия тория-234 при электровзрыве// Краткие сообщения по физике ФИАН, 2002. № 8. С. 45—50.
27. Bahcall J. N. Theory of bound-state beta decay// Phys. Rev. 1961. V. 124. № 2. P. 495—499.
28. Takahashi K., Yokoi K. Nuclear β -decays of highly ionized heavy atoms in stellar interiors// Nucl. Phys., 1983. V. A404. P. 578—598.
29. Takahashi K., Boyd R. N., Mathews G. J., Yokoi K. Bound-state beta decay of highly ionized atoms// Phys. Rev. 1987. V. C. 36. № 4. P. 1522—1528.
30. Баткин И. С. К вопросу о β -распаде в связанные состояния// Известия АН СССР. Сер. физ. 1976. Т. 40. № 6. С. 1279.
31. Гареев Ф. А., Ратис Ю. Л. Захват виртуальных позитронов ядрами сильноионизированных атомов как новый вид естественной радиоактивности// Сб. Естественное знание, экономика, управление. — Самара, 2002. № 3. С. 103.
32. Jung M., Bosch F., Beckert K, et al. First observation of bound-state β^- decay// Phys. Rev. Lett., 1992. V. 69. № 15. P. 2164—2167.
33. Bosch F., Faestermann T., Friese J., et al. Observation of bound-state β^- decay of fully ionized ^{187}Re : ^{187}Re — ^{187}Os cosmochronometry// Ibid., 1996. V. 77. № 26. P. 5190—5193.
34. Престон М. Физика ядра. — М.: Мир, 1964. С. 388—403.
35. Кадомцев Б. Б. Тяжелый атом в сверхсильном магнитном поле// ЖЭТФ, 1970. Т. 58. № 5. С. 1765—1769.
36. Кадомцев Б. Б., Кудрявцев В. С. Вещество в сверхсильном магнитном поле// Там же, 1972. Т. 62. № 1. С. 144—152.
37. Физические величины: Справочник/ Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
38. Ганский Ю. П., Далхсурен Б., Марков Б. Н. Осколки деления ядер. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
39. Кузнецов В. Д., Мышынский Г. В., Жеменник В. И., Арбузов В. И. Матер. 8-й российской конф. по холодной трансмутации ядер химических элементов. — М., 2001. С. 308—332.

40. Audi G., Wapstra A. H. The 1995 update to the atomic mass evaluation// Nucl. Phys., 1995. V. A595. № 4. P. 409—480.

41. Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В., Гуляев А. А., Клыков Д. Л., Кузнецов В. Л., Столяров В. Л., Стеблевский А. В. Экспериментальная проверка феноменологической модели низкоэнергетической трансформации ядер химических элементов: Матер. 10-й российской конф. по холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии. — М., 2003. С. 76—83.

42. Чернобыльский репортаж. — М.: Планета, 1988.

43. Дятлов А. С. Чернобыль. Как это было. — М.: Научтехиздат, 2000.

44. Drell S. D., Kroll N. M., Mueller M. T., Parke S. J., Ruderman M. A. Energy loss of slowly moving magnetic monopoles in matter// Phys. Rev. Lett., 1983. V. 50. № 9. P. 644—649.

45. Lynden-Bell D., Nouri-Zonoz M. Classical monopoles: Newton, NTU space, gravitation lens and atom specters// Review Modern Physics, 1998. V. 70. № 2. P. 421—445.

On the possible magnetic mechanism of Chernobyl catastrophe

A. A. Rukhadze

General Physics Institute, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

L. I. Urutskoev, D. V. Filippov

RECOM, Russian Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

The official conclusion about the origin and mechanism of the Chernobyl catastrophe is shown to essentially contradict experimental facts available from the accident. In the frame of existing physical models of nuclear fission reactor, it is shown analytically that under conditions of the accident the period of reactor runaway at the fourth power generating unit of the Chernobyl Nuclear Power Plant (CNPP) should be either 10 times slower or 100 times faster than observed one. It is paid attention to an opportunity of change of delayed neutrons share by influence of a magnetic pulse on electronic environments of nuclei-emitters of delayed neutrons. A self-consistent hypothesis is suggested for the probable birth of magnetic charges, during the turbine generator test under it's own momentum, at the fourth power generating unit of CNPP, and for the impact of these charges on the reactivity coefficient.

* * *