

## ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

## PROBLEMS OF NUCLEAR POWER: EFFICIENCY AND SAFETY

**Аннотация.** Проблемы эффективности и безопасности ядерной энергетики связаны с отставанием теории от растущих потребностей практики. Нет завершенной и общепризнанной теории атомного ядра, нет ясности в понимании связи свойств ядра с его составом, в механизме выделения энергии в ядерных реакциях, причины радиоактивности осколочных ядер.

Показано, что соотношение Эйнштейна не полно отражает физическую реальность, поскольку оно не учитывает потенциальную энергию ядра и связь этой энергии с массой ядра. Изменение массы в ядерных реакциях связано с перегруппировкой нуклонов и, как следствие – с изменением потенциальной энергии ядра и полевой добавки к его массе. Поскольку при этом само ядерное вещество не превращается в энергию, то автор приходит к выводу о том, что работы по созданию термоядерного реактора не имеют перспективы. Не имеют перспективы работы по созданию безотходных технологий на основе реакторов на быстрых нейтронах. Автор предлагает для обеспечения глубокой переработки ядерного топлива и радиоактивных отходов использовать поток тяжелых заряженных частиц.

**Annotation.** The summary. Problems efficiency and safety of nuclear power are connected with backlog of the theory from growing needs of practice. There is no completed and conventional theory of a nuclear kernel, there is no clearness in understanding of communication of properties of a kernel with its structure, the mechanism of allocation of energy in nuclear reactions, the reasons of a radio-activity of fragmental kernels. Problems of nuclear power: safety and efficiency.

It is shown, that Einstein's parity not full reflects a physical reality as it does not consider potential energy of a kernel and communication of this energy with weight of a kernel. Change of weight in nuclear reactions is connected with a regrouping of nucleons and, as consequence – with change of potential energy of a kernel and the field additive to its weight. As thus the nuclear substance does not turn to energy the author comes to conclusion that works on creation of a thermonuclear reactor have no prospect. Have no prospect of work on creation of without waste technologies on the basis of reactors on fast neutrons. The author offers for maintenance of deep processing nuclear fuel and radioactive waste to use a stream of the heavy charged particles.

**Ключевые слова.** Масса ядра, потенциальная энергия, принцип эквивалентности массы и энергии, ядерные реакции, ядерные реакторы, внутриядерный синтез, радиоактивность, осколочные ядра, безопасность, переработка ядерных отходов.

**Key words.** Weight of a kernel, potential energy, a principle of equivalence of weight and energy, nuclear reactions, nuclear reactors, intranuclear synthesis, a radio-activity, fragmental kernels, safety, processing of nuclear waste.

## Введение

Проблемы эффективности и безопасности ядерной энергетики имеют фундаментальный характер. Теоретическая ядерная физика не может удовлетворить растущие потребности в использовании ядерной энергии и обеспечить достаточный уровень безопасности окружающей среды, населения и персонала. Это во многом обусловлено устаревшими представлениями о строении ядра и механизме выделения энергии в ядерных реакциях. Вместе с тем некоторые важные идеи и результаты выдающихся ученых прошлого преданы забвению, а новые

работы, в которых эти идеи и результаты получили дальнейшее развитие, оказываются невостребованными.

Согласно принципу эквивалентности массы и энергии, известному как соотношение Эйнштейна  $E=mc^2$ , выделение энергии при ядерной реакции происходит в результате превращения в нее массы ядерного вещества. Однако в реальности число нуклонов в начальных и конечных продуктах ядерной реакции всегда остается неизменным. Это означает, что и суммарная масса нуклонов не должна изменяться. Но практика показывает, что суммарная масса начальных и конечных продуктов ре-

---

Серга Эдуард Васильевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник ГУП «НТЦ ОК «Компас», тел. 515-2693.

Serga Eduard – the candidate of technical sciences, the senior research scientist of the State unitary enterprise “The Scientific and Technical centre “Compass”, tel. 515-2693.

акции всегда изменяется. Отсюда можно сделать вывод, что энергетический эффект ядерной реакции зависит не от превращения массы в энергию, а от изменения взаимного положения нуклонов, то есть от изменения потенциальной энергии ядра в результате кулоновского взаимодействия его частиц.

### Потенциальная энергия, обусловленная ядерными кулоновскими силами

Известно, что полная энергия ядра включает кинетическую и потенциальную составляющую. Однако в уравнении Эйнштейна потенциальная энергия не учитывается. Как отмечает Бриллюэн, связь потенциальной энергии с массой часто игнорировали потому, что не во всех задачах она представляется достаточно ясной [1]. В ядерной физике вопрос о связи потенциальной энергии ядра с его массой и размерами имеет принципиальное значение. Энергию и массу следует рассматривать как величины, связанные с полем, которое переносит энергию и импульс. При этом важно учитывать, что и само поле тоже обладает массой. Согласно теореме вириала, для системы заряженных частиц с потенциалом  $U \sim 1/r$ , взаимодействующих по закону Кулона, средняя кинетическая энергия  $W$  равна половине потенциальной энергии с обратным знаком:  $W = -U/2$ . Следовательно, полная энергия такой системы  $E$  будет равна половине потенциальной энергии  $U$  (то есть сумме кинетической и потенциальной энергий)

$$E = 1/2 \cdot U. \quad (1)$$

Тогда в системе из двух заряженных частиц появляется полевая добавка  $\Delta m$  к массе системы, обусловленная энергией взаимодействия частиц. Эта добавка определяется по формуле

$$\Delta m = 1/2 \cdot U/c^2. \quad (2)$$

Потенциальная энергия двух заряженных частиц, определяется как

$$U = e_1 e_2 / \varepsilon \cdot l, \quad (3)$$

где  $e_1$  и  $e_2$  – заряды взаимодействующих частиц;

$l$  – расстояние между зарядами;

$1/\varepsilon$  – постоянная связи ( $\varepsilon = 4\pi\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная).

Обычно кинетическую энергию считают положительной, а потенциальную – отрицательной. Однако и та и другая энергии могут быть как положительными, так и отрицательными. Например, знак потенциальной энергии зависит от знаков зарядов взаимодействующих частиц, как это следует из формулы (3). Тогда положительной полной энергии системы соответствует положительная полевая добавка  $\Delta m$  и наоборот, отрицательной пол-

ной энергии – отрицательная добавка к массе. Величину  $\Delta m$ , определяемую с использованием соотношений (2) и (3), автор назвал «мангел» (в переводе с немецкого языка «*mangel*» означает «недостаток»). Эта величина имеет определенный физический смысл. Ее значение эквивалентно полной энергии ядра, которая зависит от потенциальной энергии взаимодействующих заряженных частиц ядра, то есть зависит от их взаимного положения. В то же время дефект массы, определяемый как  $\Delta m = (m - A)$ , какой-либо связи с потенциальной энергией не предусматривает. Между частицами ядра, имеющими одинаковый положительный заряд, действуют кулоновские силы отталкивания. По этой причине потенциальную энергию, обусловленную взаимодействием этих частиц, следует считать отрицательной (она направлена на распад ядра). Именно с этой отрицательной энергией можно связать наличие дефекта массы ядра и отрицательное значение мангеля.

### О строении нейтрона и дейтрона

Современная физика рассматривает нейтрон и протон как одну и ту же элементарную частицу, которая может находиться в различных состояниях, отличающихся электрическим зарядом. Однако нейтрон, благодаря некоторым свойствам, не соответствует понятию элементарной частицы. Таким свойствами нейтрона являются:

- нестабильность в свободном состоянии;
- наличие магнитного момента при нулевом электрическом заряде;
- превышение массы нейтрона над суммарной массой частиц, на которые он распадается.

Более подробно это рассмотрено автором в работе [2].

Любая «правильная» теория не должна допускать противоречия в характеристиках частиц, относящихся к одному концептуальному классу. Если рассматривать нейтрон как элементарную частицу, то явно противоречивыми являются нулевой электрический заряд и не равный нулю магнитный момент. Рассмотрим основные характеристики нейтрона  $n^0$ , полагая, что он является связанной парой протон-электрон (обозначение  $\langle p^+e^- \rangle$ ), т.е. квантовой системой  $n^0 \leftrightarrow \langle p^+e^- \rangle$ , в которой протон  $p^+$  и электрон  $e^-$  связаны силой взаимодействия разноименных электрических зарядов (символ  $\leftrightarrow$  означает тождественность).

Масса нейтрона составляет 1,0086501 а.е.м. – это выше суммарной массы протона и электрона на величину  $\Delta m_n = 0,00138854$  а.е.м.

Но нейтрон состоит из электрона и протона. Зна-

чит, его масса  $m_n$  должна определяться не только суммой масс составляющих частиц, но и с учетом энергии их связи

$$m_n = (m_p + m_e) + E_{pe}/c^2, \quad (4)$$

где  $E_{pe}$  – энергия связи протона и электрона, то есть величина положительная.

Таким образом, превышение массы нейтрона над суммарной массой составляющих его частиц обусловлено положительной энергией связи протона и электрона.

Определим радиус нейтрона с использованием выражения для энергии связи протона и электрона. Эта энергия равна  $1/2 \cdot U$ . Отсюда получаем соотношение

$$\Delta m_n c^2 = 1/2 \cdot U = 1/2 \cdot e^2 / \epsilon R_n, \quad (5)$$

Подставив в (5) значения  $\Delta m_n$  и констант, находим радиус нейтрона как пары  $\langle p^+ e^- \rangle$ :

$$R_n = 0,92 R_n 10^{-15} \text{ м.}$$

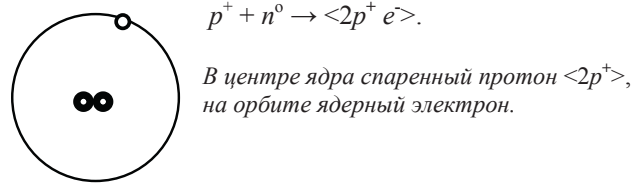
Спин нейтрона, как и спин протона по данным измерений равен  $1/2 \cdot \hbar$ . Так как нейтрон, согласно нашей модели, является связанной системой  $\langle p^+ e^- \rangle$ , то суммарный спин  $J_n$  складывается из трёх частей: спина протона  $J_p$ , спина электрона  $J_e$ , орбитального момента электрона  $L_e$

$$J_n = J_p + J_e + L_e. \quad (6)$$

Наличие орбитального момента  $L_e$  подтверждается тем, что магнитный момент нейтрона является отрицательным (он создается вращением отрицательно заряженного электрона относительно протона). Теперь три слагаемых в выражении (6) дают в результате полуцелый спин  $1/2 \cdot \hbar$ , поскольку два из них могут иметь разные знаки.

Рассмотрим характеристики дейтрона. В современной теории атомного ядра сверхтекучесть ядерного вещества рассматривается как следствие «спаривания» нуклонов (по аналогии со спаренными электронами, известными в теории сверхпроводимости). В качестве физической причины спаривания предполагается малое притягательное взаимодействие частиц. Для нашего исследования важно, что существование спаренных протонов (ядерных пар  $\langle p^+ p^+ \rangle$ ) допускается ядерной физикой. Симметричные пары, образуемые из двух одинаковых частиц, могут существовать и быть устойчивыми при воздействии на них некоторого внешнего электромагнитного поля, которое препятствует распаду пары под действием кулоновских сил отталкивания одноименно заряженных частиц. Тогда можно полагать, что дейтрон состоит из двух протонов и одного электрона. При этом дейтрон подобен нейтрону. Отличие в том, что в центре системы будут два протона, а не один. Эти два протона представляют связанную пару  $\langle p^+ p^+ \rangle$ . Связь пары одноименно заряженных протонов обеспечивается переменным электромагнитным полем. Оно образовано вращающимся электроном (здесь мы используем классиче-

ское представление об орбитальном вращении электрона). Это означает, что в рассматриваемой модели электроны входят в состав атомных ядер, а простейшее составное ядро – дейтрон можно представить как систему  $\langle 2p^+ e^- \rangle$ . Электроны, входящие в состав ядра, будем называть ядерными электронами. Структура дейтрона как си-



Структура дейтрона как системы  $\langle 2p^+ e^- \rangle$

стемы  $\langle 2p^+ e^- \rangle$  дана на рисунке.

Покажем взаимную связь характеристик дейтрона, определенных по данным измерений. К ним относятся масса и радиус дейтрона. Масса дейтрона  $m_d = 2,0141 \text{ а.е.м.}$ , радиус  $R_d = 1,963 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ , т.е.  $R_d \sim 2R_n$ . Разница между массой дейтрона и суммарной массой его компонентов составляет

$$\Delta m_d = m_d - (2m_p + m_e) = -0,0010 \text{ а.е.м.}$$

Величина  $\Delta m_d$  состоит из двух слагаемых

$$\Delta m_d = \Delta m_{pp} + \Delta m_{de}. \quad (7)$$

Слагаемое  $\Delta m_{pp}$  обусловлено отрицательной потенциальной энергией ядерной пары  $\langle p^+ p^+ \rangle$ . Слагаемое  $\Delta m_{de}$  обусловлено положительной потенциальной энергией связи ядерной пары и ядерного электрона. Значение  $\Delta m_{de}$  можно определить из соотношения

$$\Delta m_{de} = e^2 / \epsilon c^2 R_d. \quad (8)$$

После подстановки в (8) значения радиуса  $R_d$  получаем

$$\Delta m_{de} = 0,804 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.м.}$$

Теперь из выражения (7) определяем  $\Delta m_{pp}$

$$\Delta m_{pp} = \Delta m_d - \Delta m_{de}. \quad (9)$$

Значение этой величины равно

$$\Delta m_{pp} = -1,806 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.м.}$$

С использованием значения  $\Delta m_{pp}$  определяем расстояние  $l_{pp}$  между электрическими полюсами ядерной пары  $\langle p^+ p^+ \rangle$

$$l_{pp} = 1/2 \cdot U_{pp} / \Delta m_{pp} c^2 = 1/2 \cdot e^2 / \epsilon \Delta m_{pp} c^2. \quad (10)$$

Расстояние  $l_{pp}$  составляет  $0,421 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ , т.е. равно удвоенной комптоновской длине волны протона  $l_{pp} = 2\lambda_{ph}$ . Используя выражения для комптоновской длины волны протона ( $\lambda_{ph} = \hbar / m_p c$ ) и постоянной тонкой структуры ( $\alpha = e^2 / \epsilon \hbar c$ ), из выражения (10) получаем соотношение для определения дефекта массы ядерной пары  $\langle p^+ p^+ \rangle$ :

$$\Delta m_{pp} = 1/4 \cdot e^2 / \epsilon \lambda_{ph} c^2 = 1/4 \cdot \alpha m_p. \quad (11)$$

Из полученных соотношений (7–11) видно, что

дефект массы  $\Delta m_d$  и радиус дейтрона  $R_d$  связаны между собой выражениями, определяющими потенциальную энергию ядерной пары  $\langle p^+p^+ \rangle$  и энергию связи системы  $\langle 2p^+e^- \rangle$ . При этом расстояние между электрическими полюсами пары  $\langle p^+p^+ \rangle$  является кратным комптоновской длине волны протона ( $l_{pp} = 2\lambda_{ph}$ ), а дефект массы ядерной пары определяется через постоянную тонкой структуры  $\alpha$  и массу протона  $m_p$ .

Если бы дейтрон состоял из протона и нейтрона, как принято считать в современной теории ядра, то непонятна причина появления дефекта массы. В этом случае дефект массы не может быть следствием полевой добавки к массе системы протон-нейтрон, поскольку в этой системе отсутствуют кулоновские силы отталкивания и не учитывается отрицательная потенциальная энергия. В системе протон-нейтрон дефект массы составляет  $-0,00184$  а.е.м. Однако современная ядерная физика объясняет связь этого дефекта массы с радиусом дейтрона и с такими характеристиками его частиц, как заряд и комптоновская длина волны. Современная теория не дает также ответа на вопрос, почему не существует ядра, состоящего из двух протонов, если между нуклонами действуют ядерные силы.

Важно отметить, что предлагаемая здесь теория позволяет обосновать физический смысл различия значений массы системы ядра и суммарной массы составляющих его частиц. В частности, она объясняет, почему эта разность положительна для нейтрона и отрицательна для дейтрона. Примечательно, что упомянутая разность масс может быть определена теоретически с использованием известных констант, включая комптоновскую длину волны и постоянную тонкой структуры. При этом отпадает необходимость в существовании гипотетических ядерных сил, удерживающих нуклоны.

### Гелион-водородная модель ядра

В большинстве ядерных моделей принято считать, что ядра состоят из протонов и нейтронов. Однако некоторые изотопы с одинаковыми значениями массового числа  $A$  и заряда  $Z$  (то есть с одним и тем же количеством протонов и нейтронов) отличаются своими свойствами. Это означает, что величины  $A$  и  $Z$  недостаточно полно определяют состав ядра и зависимость между составом ядра и его свойствами. Принципиально новый подход к строению ядра изложен в гелион-тритонной модели, приведенной в монографии Л. Полинга [3]. Основные отличительные особенности этой модели состоят в том, что ядро имеет кристаллическую структуру, а нуклоны сгруппированы в гелионы и тритоны. Эта модель по-

лучила дальнейшее развитие в гелион-водородной модели ядра, описанной в монографии [4]. Согласно этой модели, ядра состоят из ядерных частиц, которыми являются ядра изотопов водорода и гелия, а также нейтрон. Всего шесть ядерных частиц. Ядро имеет остов и оболочку. Остов состоит из частиц (гелионов) с зарядом  $Z=2$ , оболочка – из частиц (в основном тритонов) с зарядом  $Z=1$ . Остов и оболочка состоят из правильных выпуклых многогранников, вершины которых расположены в сферических слоях и заняты ядерными частицами. Нейтроны могут быть в составе других ядерных частиц или находиться в ядре как отдельные частицы. Состав ядер для наиболее распространенных изотопов определяется по формулам:

$$\begin{aligned} \text{число тритонов } N_t &= A - 2Z - N_n; \\ \text{число гелионов } N_\alpha &= 1/2 \cdot (3Z - A - N_n), \end{aligned} \quad (12)$$

где  $N_n$  – число свободных (не связанных) нейтронов. Для многих стабильных ядер (включая магические) число  $N_n=0$  или 2.

Формулы (12) являются основными уравнениями состава ядра, они имеют значения  $A$ , близкие к приведенным в таблице Менделеева. Ядерные реакции обусловлены превращениями ядерных частиц. В основном это реакции внутриядерного синтеза, сопровождающиеся уменьшением массы и выделением энергии в форме  $\gamma$ -квантов. В табл. 1 приведены основные реакции превращения ядерных частиц.

Таблица 1

### Основные реакции превращения ядерных частиц

Реакция превращения	Формула реакции	Баланс энергии, Мэв
Образование гелиона	$t + d \rightarrow \alpha + n,$ $2t \rightarrow \alpha + 2n$	17,61; 11,33
Образование и распад тритона	$d + n \rightarrow t,$ $t \rightarrow d + n$	6,28; - 6,28
Образование дейтрона	$2n \rightarrow d + e$	2,50

### Деление ядра урана U-235

С использованием формул (12) можем определить состав ядра изотопа природного урана U-238. Оно имеет такой состав:  $U-238 \leftrightarrow 20\alpha + 52t + 2n$ . Гелионы не превращаются в другие ядерные частицы, поэтому ядра могли бы состоять в основном из гелионов. Например, в ядре U-238 все тритоны могли бы превратиться в гелионы в результате реакции  $2t \rightarrow \alpha + 2n$ . Однако этого не происходит потому, что число гелионов  $N_\alpha = 20$  является предельным для стабильных ядер. Лишний гелион, по-



явившийся в ядре, через какое-то время покидает ядро ( $\alpha$ -распад). Выброс гелионов – это одна из реакций деления тяжелых ядер. Другая реакция, которая может произойти в результате реакции внутриядерного синтеза, – деление тяжелого ядра на осколочные ядра. Рассмотрим механизм этой реакции на примере деления ядра U-235, которое имеет состав:  $U-235 \leftrightarrow 20\alpha + 51t + d$ .

При попадании нейтрона в ядро изотопа урана U-235 могут наблюдаться реакции:

- 1)  $^{235}U_{92} + ^1n_0 \rightarrow ^{145}Ba_{56}^* + ^{88}Kr_{36}^* + 3^1n_0$ ,
- 2)  $^{235}U_{92} + ^1n_0 \rightarrow ^{139}Xe_{54}^* + ^{95}Sr_{38}^* + 2^1n_0$ ,
- 3)  $^{235}U_{92} + ^1n_0 \rightarrow ^{145}La_{57}^* + ^{87}Br_{35}^* + 4^1n_0$ .

Символ \* означает радиоактивность.

Кроме указанных пар осколочных ядер, продуктами деления могут быть и другие пары. В табл. 2 приведены определенные по формулам (12) составы осколочных ядер, а также баланс ядерных частиц для указанных реак-

Таблица 2

Продукты реакции деления ядра  $^{235}U_{92}$

Ядро	Состав ядра			Баланс ядерных частиц			
	$N_\alpha$	$N_t$	$N_d$	$\Delta N_\alpha$	$\Delta N_t$	$\Delta N_d$	$\Delta N_n$
$^{145}Ba_{56}^*$	11	33	1	+1	-2	0	+2
$^{88}Kr_{36}^*$	10	16	0				
$^{139}Xe_{54}^*$	11	31	1	0	-1	+1	+1
$^{95}Sr_{38}^*$	9	19	1				
$^{145}La_{57}^*$	13	31	0	+2	-3	-1	+3

ций деления ядра U-235.

Из табл. 2 следует, что приведенные в ней ядерные реакции сводятся к реакциям превращения ядерных частиц.

Первая реакция:

$$2t \rightarrow +2n + 11,33 \text{ МэВ} \{ (t \rightarrow d + n - 6,28 \text{ МэВ}) + (t + d \rightarrow \alpha + n + 17,61 \text{ МэВ}) \}.$$

Вторая реакция:

$$t \rightarrow d + n - 6,28 \text{ МэВ}.$$

Третья реакция:

$$3t \rightarrow 2\alpha + 3n + 28,94 \{ (2t \rightarrow \alpha + 2n + 11,33 \text{ МэВ}) + (t + d \rightarrow \alpha + n + 17,61 \text{ МэВ}) \}.$$

Первая и третья реакции – это реакции внутриядерного синтеза. Они сопровождаются выделением энергии в виде  $\gamma$ -излучения. Вторая реакция – это реакция распада тритона. Она сопровождается поглощением энергии. Выделение и поглощение энергии в виде  $\gamma$ -излучения сопровождаются эквивалентным изменением массы продуктов реакции. Это изменение массы обусловлено превращениями ядерных частиц и связано с перегруппировкой нуклонов. В целом состав осколочных ядер определяется двумя реакциями превращения ядерных частиц: синтеза гелиона  $t + d \rightarrow \alpha + n$  и распада трито-

на  $t \rightarrow d + n$ . Эти реакции могут повторяться.

Полная энергия, выделяемая в результате деления ядра U-235, включает кинетическую энергию продуктов реакции (осколочных ядер и нейтронов), энергию  $\gamma$ -излучения (в результате превращения ядерных частиц), эквивалентную изменению массы продуктов реакции, а также энергию излучения осколочных ядер.

Устойчивость атома (как квантово-механической системы) обеспечивается определенной конфигурацией ядра и электронной оболочки атома, при которых возможно динамическое равновесие кулоновских сил притяжения и отталкивания всех взаимодействующих частиц. Как следует из данных табл. 2, деление ядра U-235 происходит в результате двух реакций:  $t + d \rightarrow \alpha + n$  и  $t \rightarrow d + n$ . Эти реакции могут повторяться и приводить к появлению различных осколочных ядер. Эти реакции приводят к нарушению равновесия кулоновских сил притяжения и отталкивания. Например, при слиянии дейтрона и тритона ( $t + d \rightarrow \alpha + n$ ) из двух ячеек кристалла оболочки ядра исчезают заряженные частицы. Это приводит к нарушению равновесной структуры ядра и атома в целом. В результате происходит деление ядра U-235 на два осколка, которые разлетаются под действием кулоновских сил отталкивания. Обобщая сказанное, следует отметить, что в основе механизма деления возбужденного ядра U-235 лежит реакция внутриядерного синтеза гелиона:  $t + d \rightarrow \alpha + n$ .

#### О радиоактивности осколочных ядер

Радиоактивность осколочных ядер обусловлена аномалией их состава. Эта аномалия характерна избытком тритонов и недостатком гелионов по сравнению со стабильными ядрами. Осколочные ядра претерпевают ряд изменений, в результате которых переходят в состояние с наименьшей энергией (релаксация). Это происходит в основном в результате реакции  $2t \rightarrow \alpha + 2n$ , сопровождающейся выделением энергии в форме  $\gamma$ -излучения. Другой особенностью осколочных ядер является отсутствие в их составе свободных нейтронов. Поэтому они обладают способностью активно поглощать нейтроны. Кроме того, по мере накопления свободных нейтронов происходит образование дейтронов в результате реакции  $2n \rightarrow d + e$ . При этом осколочное ядро превращается в ядро изотопа со следующим порядковым номером, а образовавшийся лишний электрон покидает ядро ( $\beta$ -распад). Более подробно это рассмотрено в работе [5].

#### О термоядерном реакторе

В основе концепции создания термоядерного реактора лежит идея получения энергии в результате пре-

вращения в нее ядерного вещества. Полагают, что энергию можно получать в результате слияния легких ядер. В реакции слияния ядер дейтерия и трития энергия, эквивалентная изменению массы, составляет 17,61 МэВ (табл.1). Для осуществления этой реакции ядрам дейтерия и трития необходимо сообщить энергию, достаточную для преодоления сил кулоновского отталкивания. Таким образом, термоядерный реактор может работать только при непрерывном потреблении энергии, необходимой для обеспечения условий протекания указанной реакции. Эту энергию необходимо учитывать в общем балансе потребляемой и получаемой энергии. В этом состоит принципиальное отличие термоядерного реактора от действующих реакторов, в которых используют урановое топливо как природный источник запасенной энергии. Процесс «горения» урана, однажды начавшись, может продолжаться без потребления энергии извне, преобразуя внутреннюю энергию делящихся ядер в полезную работу.

В термоядерном реакторе такого источника запасенной энергии нет. Так как ядерное вещество не превращается в энергию (количество нуклонов и их масса остаются неизменными), то единственным источником получения энергии на выходе термоядерного реактора является энергия, подаваемая на его вход. С учетом неизбежных потерь энергия на выходе такого реактора будет меньше энергии, подаваемой на вход. Поэтому термоядерный реактор в понятиях термодинамики можно рассматривать как вечный двигатель второго рода. Следует отметить, что еще задолго до начала работ по созданию термоядерного реактора Никола Тесла оспаривал обоснованность теории Эйнштейна и высмеивал утверждение о том, что энергию можно получать из материи [6].

### Заключение

Соотношение Эйнштейна  $E = mc^2$ , известное также как принцип эквивалентности массы и энергии, не

полно отражает физическую реальность: оно не учитывает потенциальную энергию. Энергетический эффект ядерной реакции, связанный с изменением массы, обусловлен изменением взаимного положения нуклонов. В основе этого эффекта лежит изменение внутренней потенциальной энергии ядер, но не превращение ядерного вещества в энергию, как это следует из ошибочного толкования соотношения Эйнштейна. При делении ядра U-235 выделяемая энергия связана в основном с превращением внутренней потенциальной энергии ядра в кинетическую энергию осколочных ядер. Такое превращение обусловлено перегруппировкой ядерных частиц и нарушением равновесной конфигурации ядра и атома в целом. Таким образом, в ядерных реакциях энергия выделяется не в результате превращения в нее ядерного вещества, а в результате превращения одного вида энергии в другой (в частности, в результате превращения внутренней потенциальной энергии делящегося ядра в кинетическую энергию продуктов реакции).

Так называемый дефект массы атомного ядра связан с внутренней отрицательной потенциальной энергией, создаваемой кулоновскими силами отталкивания частиц, образующих ядро. Показано, что ядро состоит из стабильных элементарных частиц: протонов и ядерных электронов, сгруппированных в устойчивые внутри ядра составные частицы. Нейтрон не является элементарной частицей, как принято считать, а состоит из протона и электрона. На примере нейтрона и дейтрона показано, что основные характеристики этих двух частиц, включая массу и радиус, можно объяснить без использования гипотетических ядерных сил.

В основу современных работ по созданию термоядерного реактора заложена идея получения энергии путем превращения в нее ядерного вещества. Результаты исследований автора, изложенные в данной работе, приводят к выводу о том, что эта идея ошибочна, а усилия по созданию реактора лишены перспективы.

### Литература

1. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. Пер. с англ. – М., 1972.
2. Серга Э. В. Масса ядра и потенциальная энергия // Сборник трудов секции инженерных проблем РИА. Вып. 18. 2008. С.154–158.
3. Л. Полинг. Общая химия. Пер. с англ. – М., 1974.
4. Серга Э. В. Строение материи: основы единой теории вакуума и вещества. – М., 2006.
5. Серга Э. В. Переработка ядерных отходов новый подход // Двойные технологии. – М., 2009. С. 57-64.
6. О'Нил, Дж. Гений, бьющий через край. – М., «Саттва». С. 224-225.
7. Физические величины. Справочник. «Энергоатомиздат». – М., 1991.

Материал поступил в редакцию 12. 05. 2011 г.