



**Внутренний разрез алюминиевой оболочки камеры для лазерного термояда. Показаны отверстия, через которые на мишень с термоядерным топливом будут направляться лазерные пучки.**

**Фото с официального сайта Ливерморской национальной лаборатории им. Э.Лоуренса**

**Об авторе:** Валентин Анатольевич Белоконь - действительный член Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского.

**Разве можно верить физикам, приручающим термояд? Прорыв в суперплотность обещает удивительные достижения. В 2025-2035 гг. к Марсу запустят 3-5 пилотируемых термоядерных кораблей.**

Уже более 50 лет известна субстанция с почти полным отсутствием энтропийной составляющей (энтропия – мера необратимого хаоса) – лазерный луч. Это - абсолютно холодный своеобразный световой кристалл. Замечательно, что именно луч лазера скорее всего самый реальный кандидат в качестве инструмента, позволяющего реализовать принцип термоядерной генерации энергии. Это произойдет в период 2010–2012 гг., когда в США и Франции, а может быть, и в Японии и даже в России "заработает" термояд – лазерный. Его еще называют «инерциальным»...

Представьте себе: 2-миллиметровые водородные микробомбочки, содержащие каждая по 150 микрограммов термоядерного топлива (на первых порах – смесь дейтерия с тритием), взрываются с энергией не менее 10 мегаджоулей (МДж). Взрывы эти происходят под воздействием лазерного излучения, сфокусированного примерно до 1015 ватт/см<sup>2</sup>. Энергия самого лазерного луча при этом составит 1 МДж. Практическая эффективность такого достижения как будто невелика. Но этот результат откроет дверь новой эпохе получения не только новых масштабов энергии, но и беспрецедентных потоков мощности. Прорыв в суперплотность обещает удивительные достижения.

Дело в том, что микробомба срабатывает полноценно только при эффективной имплозии (программированном взрыве внутрь, приводящем к суперсжатию). В лазерно-термоядерных опытах уже в 2010–2012 гг. посредством имплозии будет достигнуто давление выше давления внутри Солнца – до 1000 млрд. атмосфер.

Правда, на Солнце подобное давление поддерживается вечно – миллиарды лет, а в микробомбе примерно одну миллиардную секунды. Зато в микробомбе и температура, и

плотность, пусть мимолетно, превосходит солнечные параметры раз в десять. Оптимизация режимов лазерного термояда позволит получать микровзрывы до 50–100 МДж под воздействием лазерных импульсов 1,5–2,0 МДж. В дальнейшей перспективе – создание реакторов, в которых взрывы полусантиметровых микробомб, под воздействием лазерных или ионно-пучковых потоков с энергией 5–10 МДж, дадут энергию в тысячи мегаджоулей.

Но радиоактивный тритий экологически неудобен и будет заменен, или почти заменен в микробомбе. Еще не разработанные – либо еще не рассекреченные! – микробомбы будут заряжаться нерадиоактивной смесью дейтерия с легким изотопом гелий-3 или будут работать на почти чистом дейтерии. Это будет означать пришествие термояда в промышленную энергетику, появление которой ожидается уже в период 2030–2035 гг.

Умеренно оптимистический прогноз становления «инерциального» – микровзрывного термояда видится как последовательность следующих этапов. (Этот прогноз во многом опирается, хотя и косвенно, на массив результатов исследований Ливерморской национальной лаборатории им. Э.О. Лоуренса, США).

2006–2010 гг. – уточнение стратегии фундаментальных НИР и ОКР, оптимизация микровзрывных комплексов; новые расчеты и тестовые эксперименты.

2010–2015 гг. – экспериментальное подтверждение расчетов эффективной имплозии и выделения термоядерной энергии при лазерном воздействии с энергией 1–2 МДж за несколько наносекунд. Энерговыделение такого микровзрыва вначале составит 10–20 МДж, а в дальнейшем – до 50 МДж. Эти разработки сначала будут реализованы в США, а потом и во Франции.

2015–2020 гг. – интенсификация экспериментов и теоретических работ в США, Франции, России, Китае, Германии, Швеции, Японии, Австралии, Канаде, Италии приводит к получению микровзрывов дейтерий-тритиевых капсул (DT-капсул) масштаба энергии более 1000 МДж, а при минимизации содержания трития – 300–500 МДж под лучом 5–15 МДж.



**Самым продвинутым на сегодняшний день проектом лазерного термояда считается американский NIF, реализуемый в Ливерморской национальной лаборатории. На снимке – пятиметровая камера, внутри которой будут происходить термоядерные микровзрывы.**

Гонка в создании реакторов, не обязательно для электростанций. Испытания подсистем космических платформ, межпланетных кораблей и самолетов на микровзрывной энергетике с реакторами 1–10 ГВт. Активные разработки реакторов на 10–100 ГВт на основе различных топлив, в том числе для лунных и марсианских баз. Принятие решений о начале возведения прототипов стационарных и мобильных термоядерных комплексов различного предназначения, в том числе – межпланетных, массой 2000–6000 т, развивающих скорость более 100 км в секунду.

Мировые расходы на микровзрывной термояд достигают триллиона долларов в год или выше (в ценах 2005–2006 гг.).

2020–2025 гг. – первые крупные термоядерные летательные аппараты – и самолеты, и космические. Прототипы термоядерных электростанций на DT-топливе и с применением гелия-3. Стоимость этих прототипов – от 10 до 15 млрд. долларов за 2–3 ГВт. Развитие промышленной добычи гелия-3 на Луне с доставкой на Землю. Новые технологии на основе термояда, в том числе – пережигание отходов АЭС.

2025–2035 гг. – запуск к Марсу 3–5 пилотируемых термоядерных кораблей. Неожиданные применения микровзрывов, вплоть до генерации гравитационных волн. Доля термоядерной электроэнергетики достигает 5–10% в мировом энергопроизводстве, в том числе во Франции и Японии – 15–25%. (Доля ТОКАМАКов и других систем с магнитным удержанием плазмы при этом вряд ли превысит 1%.)

### Сверхмощные лазерные системы

Страна	Лаборатория, установка	Параметры: уровень мощности (энергия лазерного импульса, длительность импульса)	Состояние
США	Center for Ultrafast Optical Sciences, University of Michigan, установка HERCULES	45 ТВт (1,4 Дж, 30 фс)	Достигнута интенсивность $0,7 \times 10^{22}$ Вт/см <sup>2</sup>
США	Lawrence Livermore National Lab., установка NIF-PW	4 ПВт (1-й этап) 100 ПВт (2-й этап)	В стадии разработки
Великобритания	Central Laser Facility, Rutherford Appleton Lab., установка VULCAN	1 ПВт (500 Дж, 500 фс)	Ведутся эксперименты при $1020$ Вт/см <sup>2</sup>
Великобритания	Astra Gemini Project	1 ПВт (30 Дж, 30 фс)	В стадии разработки
Япония	Advanced Photon Research Center, Japan Atomic Energy Research Institute	0,85 ПВт (28 Дж, 33 фс)	Ведутся эксперименты при $1021$ Вт/см <sup>2</sup>
Япония	Institute of Laser Engineering, Osaka University, установка GEKKO-XII	1 ПВт (500 Дж, 500 фс)	Ведутся эксперименты при $1021$ Вт/см <sup>2</sup>
Франция	CEA/CESTA, UMR Center Lasers Intenses et Applications, Universite de Bordeaux установка LIL-PW	7 ПВт (3,6 кДж, 500 фс)	В стадии разработки
Россия	ИПФ РАН + ВНИИЭФ	130 ТВт (10 Дж, 70 фс)	Установка работает
Россия	ВНИИЭФ + ИПФ РАН	1 ПВт (100 Дж, 100 фс)	В стадии разработки, эксперименты при $1020$ Вт/см <sup>2</sup> в 2007 г.

Примечания:

фс – длительность лазерного импульса, фемтосекунды (1 фс =  $10^{-15}$  с);

ПВт – мощность выделяющейся термоядерной энергии, петаватты (1 ПВт =  $10^{15}$  Вт)

**Источник:** «Вестник РАН», т. 76, № 6, 2006

из архива за: [12.07.2006](#)

рубрика: [НГ-Энергия](#)