



В 1962 году Соединенные Штаты начали последнюю серию ядерных испытаний в атмосфере, под названием операция "Доминик". Испытанные там устройства были спроектированы и изготовлены Лос-Аламосской научной лабораторией (LASL) и Радиационной лабораторией имени Лоуренса (LRL). В особой серии испытаний, LRL провела четыре взрыва устройств, принципиально новой конструкции, названной концепцией Ripple (рябь, зыбь, пульсация). В ходе тестирования концепция продемонстрировала такие характеристики взрывных устройств, которые превосходили характеристики всех ядерных боеприпасов, разработанных до или после этого. По многочисленным причинам, рассмотренным в статье, концепция Ripple не использовалась, но технология, которую она впервые показала, и по сей день находится в постоянном развитии в рамках мирных экспериментов. До сих пор об этих испытаниях и положенной в их основу концепции было известно очень мало. Эта статья, результат многолетнего исследования, и она впервые проливает свет на программу Ripple, позволяя, в значительной степени, восстановить полный ход событий. Начиная от происхождения концепции, ее разработке, рассказано о полученных технических характеристиках и показывается значительная роль, которую играл при этом геополитический контекст. Описана серия испытаний в деталях, а также отмечено и наследие этой программы.

Оформление русской версии и перевод сделан в некоммерческих целях А. Семеновым (с использованием машинного перевода сервиса Google)

Август, 2021



Рябь

**Историческое расследование попытки
создать "чистое" термоядерное оружие
феноменальной удельной мощности**

Джон Гремс

Ripple

**An Investigation of the World's Most Advanced
High-Yield Thermonuclear Weapon Design**

Jon Grams

2021

Из стенограммы магнитофонной записи совещания в Белом доме, посвященной серии ядерных испытаний "Доминик" (Dominic Nuclear Test Series), 5 сентября 1962 г :

Президент Кеннеди: А как насчет наших испытаний? Как бы вы обобщили наши результаты, насколько они?... Как они в целом? Если бы они оценивали наши тесты, отзывались бы они о них так же, как вы отзываетесь об их?

Гленн Сиборг: Я думаю, что они не смогли бы понять изощренность некоторых из самых крупных достижений, которые у нас есть...

Неизвестный голос: Наша самая продвинутая идея, а именно концепция "Рябь" (Ripple), в самой своей основе приводит к чистой схеме и максимальной эффективности...

МакДжордж Банди: Возможно, стоит немного объяснить, что это такое. ... Потому что это, вероятно, самая важная техническая разработка во всей нашей серии испытаний "Доминик".

Карл Кайсен: Это, по сути, прорыв, достигнутый Ливерморской лабораторией.

¹

¹ Встреча, посвященная результатам серии ядерных испытаний в ходе операции "Доминик", 5 сентября 1962 года. Магнитофонная запись на ленте № 20, коробка MTG, собрание офисных записей президента, Президентская библиотека Джона Ф. Кеннеди (JFKL), Бостон, Массачусетс. Tape 20, Box MTG, President's Office Files, John F. Kennedy Presidential Library (JFKL), Boston, MA.

В 1962 году Соединенные Штаты начали проводить последнюю серию из длинной цепи своих тестовых операций ядерного оружия в атмосфере, начатых еще в 1945 году. Наиболее важные, и все еще наиболее засекреченные испытания проводились в рамках концепции, которая, спустя 60 лет, составляет то, что, возможно, является вершиной всей технологии термоядерных взрывов: концепция "Рябь" (Ripple), разработанная Радиационной лабораторией Лоуренса (LRL). ²

² Это учреждение, ныне известное как "Ливерморская национальная лаборатория имени Лоуренса" (LLNL - Lawrence Livermore National Laboratory), было основано в 1952 году как "Радиационная лаборатория Калифорнийского университета в Ливерморе" (University of California Radiation Laboratory at Livermore). В 1958 году она была переименована в "Радиационную лабораторию имени Лоуренса" (Lawrence Radiation Laboratory). Это название просуществовало до 1971 года, когда лаборатории было присвоено нынешнее название. На протяжении десятилетий LLNL всегда кратко назывался "Ливермор" ("Livermore"), что и будет использоваться в этой статье как её сокращенное обозначение.

Есть все основания полагать, что устройство "Рябь" было самым передовым из термоядерных устройств когда-либо полноценно взорванных. Уровень его удельной мощности был на порядок выше, чем у существующих сейчас конструкций зарядов. В данном исследовании впервые предпринята попытка установить историческое значение этого и понять технологическую концепцию "Рябь" в более широком контексте всей программы генезиса ядерного оружия США. В статье также рассматривается концепция "чистого" ядерного оружия и его важная роль в политике применения ядерного оружия и в развитии идеи стратегического сдерживания. Помощь по техническим аспектам была предоставлена Кэри Саблеттом (Carey Sublette), администратором "Архива ядерного оружия"³ (The Nuclear Weapon Archive). Неофициальные беседы с бывшим и

директорами Ливерморской лаборатории Джоном С. Фостером-младшим (John S. Foster, Jr.) и Джоном Наколлсом (John Nuckolls), так же предоставили некоторую дополнительную информацию.

- ³ "Архив ядерного оружия" (The Nuclear Weapon Archive) - это онлайн-негосударственное библиотека-собрание несекретных документов, предоставленных в открытый доступ, а так же различных комментариев по истории, физике и технологии ядерного оружия.
<http://nuclearweaponarchive.org>

Учитывая техническую сложность предмета и стремление уложиться в разумный размер статьи, предполагается, что читатель имеет элементарные знания об истории ядерного оружия и принципах его работы.

Операция "Редвинг" (Redwing "Красное крыло") и "чистое" ядерное оружие

Чтобы помочь себе уяснить значение концепции заложенной в технологию "Рябь" и контекст, в котором она была разработана, мы начнем с этого письма 1955 года от тогдашнего министра обороны Чарльза Э. Уилсона (Charles E. Wilson):

До тех пор, пока тесты, проведенные в ходе операции "Замок" (Castel, 1954) не подтвердили возможность получения мегатонн при сравнительно небольших затратах, военная экономка атомного оружия в значительной степени определялась выгодой от мгновенных эффектов взрыва и всемерной их максимизацией, по отношению к затратами на проектирование и доставку к цели. Какими бы важными ни были все эти соображения в связи с мгновенными эффектами взрыва, сейчас мы сталкиваемся, возможно, с еще более важными соображениями связанными теперь с побочными радиоактивными продуктами. В широком смысле, проблема, по-видимому, заключается в том, чтобы максимизировать военный эффект в желаемое время и в желаемом месте и свести к минимуму такие (радиоактивные?) эффекты там, где они нежелательны. Хотя главные эффекты от взрыва, в основном, мгновенны и локальны, радиоактивные эффекты от него могут охватывать очень большие территории и сохраняться в течение очень долгого времени, фактически начиная от нескольких сотен дней воздействия в виде местных осадков, до многих лет воздействия в виде атмосферного загрязнения. Другими словами, радиоактивные эффекты вынуждают нас использовать время как еще одно измерение для осознания этой проблемы. Более того, районы, в итоге подверженные действию смертельной радиации, настолько велики, что при планировании использования этого оружия мы должны тщательно взвесить ущерб как дружественным, так и вражеским объектам.⁴

- ⁴ "Чарльза Э. Уилсон, министр обороны", Льюису Штраусу, USAEC, 5 марта 1955 г., цитата по Чаку Хансену, "Мечи Армагеддона" версия 2, CD-ROM (2003), стр. 78–79. C. E. Wilson, Secretary of Defense, to Lewis Strauss, USAEC, 5 March 1955, quoted in Chuck Hansen, *Swords of Armageddon Version 2*, CD-ROM (Sunnyvale, CA: Chukelea Publications, 2003), pp. 78–79

Важность этого письма - в признании тогда того факта, что прямой эффект от взрыва лишь часть гораздо более сложного уравнения баланса факторов, когда речь идет о ядерном оружии. Проблема радиации и выпадения осадков сыграла значительную роль в последующих сериях ядерных испытаний в Тихом океане и наметила иной курс к новым разработкам в технологии ядерного оружия.

Извлеченные уроки, полученные в 1954 году в ходе операции "Замок" и вопросы, поднятые первой серии тестов очень мощного термоядерного оружия испытанного Соединенными Штатами, стали предметом следующей серии высокомоощных испытаний - операции "Редвинг" ("Redwing", "Красное крыло"), проведенной в 1956 году. Проблема радиоактивных осадков заняла в ходе тестов центральное место. Между завершением "Замка" и началом "Редвинг" лабораториям ядерного оружия было приказано сосредоточить свои усилия по проектированию в двух конкретных направлениях:

Во-первых, повышение удельной мощности⁵, то есть соотношения мощности взрывного устройства к его массе, а так же к уменьшению габаритов и абсолютного веса для обеспечения возможности доставки их баллистическими ракетами;

⁵ Выражается как полная сумма энергии взрыва в килотоннах тротилового эквивалента, деленные на массу устройства (его "физического пакета") в килограммах или кт/кг.

Во-вторых, предлагалось разработать ядерное оружие с уменьшением в нем выхода побочных продуктов деления до абсолютно достижимого минимума. Предполагалось разработка "чистого" ядерного оружия:

*"Чистое" оружие было разработано для минимизации выхода или значительного уменьшения появления твердых радиоактивных частиц, образующихся в результате его взрыва. С другой стороны, "обычное" оружие было разработано без особых усилий для уменьшения или минимизации продуктов деления или другого излучения, возникающего в результате его взрыва.*⁶

⁶ Меморандум для К. Э. Филдса, генерального директора USAEC, от Дж. Х. Морса-младшего, USAEC, Тема: "Стандартизированная терминология оружия", 1 марта 1957 г.; и меморандум К. Э. Филдса, генерального директора USAEC, к бригадному генералу США А. Д. Старбёрду, директору по военному применению, USAEC, Тема: "Стандартизированная терминология оружия", 5 апреля 1957 г., два раза цитируются у Хансена "Мечи Армагеддона" версия 2, стр. 263.

Memorandum for K. E. Fields, General Manager, USAEC, from J. H. Morse, Jr., USAEC, Subject: Standardized Weapon Terminology, 1 March 1957; and Memorandum to K. E. Fields, General Manager, USAEC, from Brig. Gen. A. D. Starbird, USA, Director of Military Application, USAEC, Subject: Standardized Weapon Terminology, 5 April 1957, both quoted in Hansen, *Swords of Armageddon Version 2*, p. 263.

Создание чистого ядерного оружия было трудной задачей. Множество ключевых функций, которые делящиеся материал выполняли в дизайне Теллера-Улама (схема, которая и по сей день является базовой для всех дизайнов термоядерного оружия), ограничивали то, насколько "чистым" могло быть подобное оружие:

Наша цель как разработчиков должна заключаться в конструировании оружия, радиоактивность от деления компонентов которого, будет такой, чтобы исключить серьезные (радиоактивные) осадки за пределами зон разрушения

взрыва и термического поражения. Это означает, что мы можем допустить процент или два от мощности общего выхода взрывной энергии в виде деления. По всей видимости, потребуются очень дорогие материалы, это будет сложно добиться и отнимет много времени, если поставить задачу еще снизить выход деления с нескольких процентов до долей процента.⁷

⁷ Меморандум для Льюиса Штрауса, председателю USAEC от бригадного генерал А. Д. Старбёрда, директор по военным вопросам, USAEC, Тема: "Разъяснение некоторых вопросов, касающихся чистоты оружия", 11 июля 1957 г., цитируется по Хансену, "Мечи Армагеддона" версия 2, р. 291.

Memorandum for Lewis Strauss, USAEC Chairman from Brig. Gen. A. D. Starbird, Director of Military Application, USAEC, Subject: Clarification of Certain Matters Relative to Cleanliness in Weapons, 11 July 1957, quoted in Hansen, *Swords of Armageddon Version 2*, p. 291.

"Обычное" термоядерное оружие, как правило, имеет долю от деления в суммарном выходе мощности не менее 50-60 процентов. В относительно маломощном оружии, которое в настоящее время составляет основу арсенала США, доля деления увеличивается до более чем 80 процентов, что является прямым результатом концентрации внимания на минимизации физических размеров.

В 1958 году на фоне неуклонно увеличивающихся темпов ядерных испытаний в атмосфере, после многих лет неудачных переговоров с Советским Союзом об ограничении таких испытаний, правительства США и СССР в итоге объявили своим испытаниям мораторий на три года. Разработка оружия продолжалась, но без его тестирования. В апреле 1960 года генерал Альфред Д. Старбёрд (Alfred D. Starbird), директор по военным применению при Комиссии по атомной энергии (АЕС - Atomic Energy Commission), попросил лаборатории Ливермора и Лос-Аламоса сделать прогноз, на предмет возможных достижений в технологии ядерного оружия на ближайшие несколько лет, если испытания снова будут возобновлены. Эдвард Теллер (Edward Teller) и Гарольд Браун (Harold Brown) из Ливермора утверждали, что к 1965 году можно будет получить мощность в 50 мегатонн в устройстве весом всего 6000 фунтов (2700 кг), что примерно на 350 процентов больше чем у самого эффективного оружия, когда-либо созданного, В-41 в самом "Ливерморе".⁸

⁸ Уильям Огл, "Отчет о возврате к ядерному оружию после моратория на испытания, 1958–1961 гг". (Лас-Вегас: Министерство энергетики США, Операционное управление Невады, октябрь 1985 г.), стр. 186

William Ogle, *An Account of the Return to Nuclear Weapons after the Test Moratorium, 1958–1961* (Las Vegas: U.S. Department of Energy, Nevada Operations Office, October 1985), p. 186.

Эти цифры давали отношение мощности взрыва к весу в 18,4 килотонн на килограмм (кт/кг), что превышает общее содержание энергии в чистом плутонии и просто стирало так называемый "предел Тейлора"⁹ в шесть килотонн на каждый килограмм веса устройства (самое современное сегодня оружие в арсенале США от Ливермора и Лос-Аламоса это W-88, ее удельная мощность составляет около 1,5 кт/кг).

⁹ Физик и известный разработчик оружия из Лос-Аламоса Теодор Тейлор (Theodore Taylor) определил максимально возможный на практике предел отношения мощности к массе для дизайна Теллера-Улама на уровне 6 кт/кг. Этот теоретический предел широко принят и по сей день; в первую очередь потому, что ядерное оружие

специально изготовленное очень компактным и с относительно малой мощностью, хранящееся в нынешних арсеналах, просто не может достичь такого уровня удельной мощности.

Директору Лос-Аламоса Норрис Брэдбери (Norris Bradbury) видел всё по-другому:

Брэдбери дал свой ответ, заявив, что, по его мнению, все было куда менее оптимистично, чем казалось Теллеру, и: "Короче говоря, за последние полтора года ничего не произошло такого, чтобы изменить мое собственное мнение относительно реализации возможности радикального улучшения оружия при ограниченных испытаниях или даже при неограниченных тестах. Я гораздо менее оптимистичен, чем Теллер, по обоим пунктам ".¹⁰

¹⁰ Уильям Огл, "Отчет о возврате к ядерному оружию...", стр. 186.
Ogle, *An Account of the Return to Nuclear Weapons*, p. 186.

Ответ Брэдбери выставляет прогнозы Теллера и Брауна как безумно оптимистичные и откровенно нереалистичные, если не допустить возможность некоторого неожиданного прорыва, что дает нам представление о том, насколько, в итоге, значительным шагом вперед оказалась концепция "Рябь". Смелость сделанных предсказаний была подчеркнута Брэдбери еще пятью годами ранее (1955):

Следует четко осознавать, что то, что сейчас достигнуто AEC в ходе LASL [Лос-Аламосской]-Ливерморской научной конкуренции при создании ядерного оружия, почти полностью соответствует подобной "конкуренции" возникающей у создателей самолетов при попытке спроектировать новый самолет на конкурсной основе. Все представленные проекты будут в основном одинаковы, потому что аэродинамика - это наука, а не искусство, и ни один производитель не предложит проект самолета, который будет летать вдвое дальше, вдвое быстрее, в половину будет легче, чем те, которые предложат его конкуренты.¹¹

¹¹ Н. Э. Брэдбери, директор LASL, бригадному генералу К.Э. Филдс, директор по военным вопросам, USAEC, 22 сентября 1954 г., цитируется по Хансену, "Мечи Армагеддона", версия 2, стр. 25.
N. E. Bradbury, Director, LASL, to Brig. General K. E. Fields, Director of Military Application, USAEC, 22 September 1954, quoted in Hansen, *Swords of Armageddon Version 2*, p. 25.

Но в Ливерморе собирались сделать именно это, предлагая концепцию "Рябь". В этот момент появилась новая проблема: анти-баллистическая ракета (AICBM -anti-intercontinental ballistic missile), термин, который позже был упрощен до противоракеты или противоракетной обороны (ПРО, anti-ballistic missile ABM). ПРО угрожала ранее никем неоспоримой неуязвимости для перехвата межконтинентальных баллистических ракет (МБР). Предварительное решение этой возникшей очень серьезной проблемы состояло из двух подходов. Первый подход заключался в том, чтобы выделить часть и без того ограниченной полезной нагрузки межконтинентальной баллистической ракеты для "средств преодоления" или "ложных целей", чтобы обмануть системы наведения ПРО. Второй подход заключался в подрыве боевой части на такой высоте, где будут минимально эффективны средства перехвата, то есть идея была перекрыть (не преодолевать) окно уязвимости для перехвата. Следующий отрывок из научного отчета "Объединенной целевой группы 8" (Joint Task Force Eight JTF-8) 1963 года об операции

"Доминик" подробно описывает решение этой проблемы как одну из целей программы "Рябь":

Цель концепции "Рябь" состоит в том, чтобы исследовать новый диапазон возможного отношения мощности к массе при разработке термоядерных боеголовок большой мощности [Удалено]... Министерство обороны крайне заинтересовано в получении боеголовок с максимально возможной мощностью массой от 3 000 до 10 000 фунтов (1360 - 4530 кг) - весовая категория для использования на наиболее тяжелых наших ракетах. Высокая урожайность при меньшем весе позволит выделить больший процент полезной нагрузки на дополнительные средства проникновения, а также позволит нанести удар с существенно большей высоты, обеспечивая при этом мощность удара, который может вызвать желаемый ущерб на поверхности.. ... Растущее беспокойство по поводу способности наших стратегических ракет проходить оборону противника привело к появлению необходимости в средствах противодействия, которые должны быть включены в боевую нагрузку. Для более крупных ракет, таких как "Атлас", "Титан I" и "Титан II", можно было бы выделить небольшую часть веса полезной нагрузки на средства противодействия, которые помогли бы помочь прорваться на высоту около 50 000 футов (15 200 м). Однако взрывы на таких больших высотах не вызовут желаемых повреждений на поверхности, если не будут доступны значительно более высокие мощности зарядов при приемлемом их весе.¹²

¹² "Отчет командующего Объединенной оперативной группы 8 председателю Комиссии по атомной энергии Соединенных Штатов и Объединенному комитету начальников штабов о ядерных испытаниях в Тихом океане в 1962 году (операция "Доминик") Приложение L, Сводный научный отчет", Штаб, Объединенная оперативная группа 8, Вашингтон, Округ Колумбия, 4 июня 1964 г., стр. LB-1-1-2, доступно на сайте <https://www.dtic.mil>.

"Report by Commander Joint Task Force Eight to the Chairman, United States Atomic Energy Commission and the Joint Chiefs of Staff on the 1962 Pacific Nuclear Tests (Operation Dominic) Enclosure L Report of Scientific Summary," Headquarters, Joint Task Force Eight, Washington, DC, 4 June 1964, pp. L-B-1-1-2, available online at <https://www.dtic.mil>.

Сам Теллер призывал в декабре 1961 года развивать исследования в этом направлении:

7 декабря, отвечая на запрос президента, Теллер указал на сюрпризы, которые мы уже видим в успехах Советов на сегодняшний день, и прокомментировал, что... мы должны работать над боеголовками большой мощности, которые могут наносить урон на поверхности, взрываясь на большой высоте, что снизит эффективность системы противоракетной обороны России.¹³

¹³ Уильям Огл, "Отчет о возврате к ядерному оружию...", стр. 314.
Ogle, *An Account of the Return to Nuclear Weapons*, p. 314.

Как сообщается в научном докладе JTF-8, это решение требовало использования боеголовок с чрезвычайно высокой мощностью (более 35 мегатонн при подрыве на высоте 50 000 футов (15 200 м) чтобы создать такую же степени поражения от взрыва, что и типично боеголовка подрываемая на малой высоте или субмегатонной мощности,

когда та взрывается близко от поверхности при соответствующей заданной площади поражения. Ко всему этому, такие очень высокие мощности должны быть получены без увеличения веса боеголовки, чтобы можно было использовать существующие и проектируемые системы межконтинентальных баллистических ракет; а именно, "Атлас F" и "Титан II" ("Минетмен" в это время тоже поступали на вооружение, но не могли нести полезную нагрузку такой весовой категории). Это потребует технологического скачка, который превзойдет по сумме достижений, всё сделанное за предыдущие двенадцать лет разработки термоядерного оружия.

* * *

Путь, каким пришли к концепции "Рябь", обнаруживает в себе радикально новый "маршрут", явно нетипичный для схемы разработки ядерного оружия. История начинается в 1955 году, когда 24-летний Джон Х. Наколлс (John H. Nuckolls) пришел в Ливермор в качестве разработчика термоядерных устройств:

Я познакомился со схемой радиационной имплозии Теллера летом 1955 года, после того, как покинул аспирантуру Колумбийского университета, чтобы устроиться на работу в Ливерморское отделение проектирования термоядерных устройств. Я узнал, что вещество может сильно сжиматься, когда оно подвергается огромному давлению, создаваемому ядерным взрывом, и что необходима очень высокая плотность для используемых на практике TN [термоядерных] зарядов. Как 24-летний помощник Гарольда Брауна (26-летнего руководителя конструкторского отдела TN) я изучал дизайн и методы использования расчетных кодов при проектировании ядерного оружия.¹⁴

¹⁴ Гильермо Веларде и Нативидад Карпинтеро Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием: исторический подход его первопроходцев" (Лондон: Foxwell & Davies, 2007), стр. 4

Guillermo Velarde and Natividad Carpintero Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion: A Historical Approach by Its Pioneers* (London: Foxwell & Davies, 2007), p. 4.

В 1957 году по указанию директора LRL Брауна, Наколлс возглавил исследование концепции термоядерного синтеза как потенциального источника чистой энергии. Первоначальная идея заключалась в периодическом взрыве "чистых" термоядерных устройств мощностью в 1 мегатонну. Взорванное устройство в большой экранированной, заполненной водой подземной полости, по идее, позволило бы вырабатывать электроэнергию путем замыкания термодинамического цикла отводимого из полости пара. Одно такое взрывное устройство могло обеспечить выработку электроэнергии в течении семи дней. Это было непрактично и непомерно дорого, особенно из-за необходимости использования первичных узлов деления для каждого термоядерного устройства.¹⁵

¹⁵ Учитывая пиковое количество ядерных боеприпасов, равное примерно 32 000, такая установка могла бы обеспечивать энергией сотни лет.

Поэтому Наколлс уменьшил размер полости и попытался устранить из схемы инициирующий ядерной первичный узел. Что тут наиболее важно, он обнаружил, что большие мощности здесь и не были необходимы. Небольшой термоядерный взрыв, произведенный в относительно небольшой, специально сконструированной камере, мог

бы обеспечить отвод и подвод необходимой для зажигания энергии. Это оказалось вдвойне удобным, поскольку лишь очень небольшое количество термоядерного топлива могло (потенциально) воспламениться неядерным первичным узлом или "драйвером". Следующим требованием здесь стало термоядерное топливо с высоким потенциалом зажигания, оптимизированное для неядерного драйвера. Ответ крылся в смеси дейтерия и трития (DT) (третий имеет самую низкую температуру воспламенения из всех доступных термоядерных топлив).

Могут ли очень маленькие термоядерные заряды из DT горючего зажечься без атомной бомбы? [DT горит в 100 раз быстрее, чем DD] В конце 1950-х годов Джон Фостер (John Foster), руководитель отдела разработки ядерного оружия, пригласил меня посетить собрания его специальной группы, посвященной тому, как поджечь ядерный взрыв в DT без использования атомной бомбы. Физики Рэй Киддер (Ray Kidder), Джим Ширер (Jim Shearer) и Джим Уилсон (Jim Wilson) были в этой группе. Киддер разработал полезные приближения для условий воспламенения небольшой массы DT, удерживаемой "толкателем" (pusher) [плотной металлической оболочкой].¹⁶

¹⁶ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 6.
Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 6.

Упомянутый здесь "толкатель" представляет собой ту же концепцию, что и тэмпер из тяжелого металла, используемый во вторичном узле схемы Теллера-Улама. Небольшая масса DT по сути является крошечной термоядерной (TN - thermonuclear) вторичкой.

С начала 1960 года, я начал использовать новейшие оружейные программные коды радиационной имплозии и TN-сжигания, чтобы исследовать возможность поджигания микровзрыва DT-термоядерного синтеза с крошечной (микро) радиационной имплозией. Я предположил, что "неядерный первичный элемент" может быть в принципе изобретен для возбуждения микро радиационной имплозии.¹⁷

¹⁷ Там же.

Первоначальными идеями Наколлса были использовать для неядерного первичного узла или "драйвера" струю плазмы, сверхскоростную пушку для твердых гранул и пучок частиц. Однако появление в 1960 году первого реально работающего лазера подарило то, что нужно, - так это остается и по сей день - лазер - самый предпочтительный неядерный драйвер. С этой последней деталью головоломки и родилась концепция термоядерного синтеза с инерционным удержанием (ICF - inertial confinement fusion).

Несмотря на то, что базовая концепция ICF родилась на свет, оставались серьезные проблемы при разработке высокоэффективной вторичной микроскопической DT капсулы, или "мишени" (*target*), которая обеспечила бы высокий выход энергии, без чего не получается эффективного производства энергии. Ключевым процессом в достижении необходимого уровня сжатия была абляция поверхности мишени рентгеновскими лучами - тот же процесс, что и во вторичном узле термоядерного устройства. В этом процессе энергия рентгеновского излучения испаряет наружную поверхность мишени, обеспечивая абляцию плазмы с поверхности с такой экстремальной скоростью, что та действует на мишень как ракета, вывернутая наизнанку и обжимает ее со всех сторон.

Необходимое давление в несколько сотен мегабар и скорость имплозии в сотни километров в секунду могут быть созданы за счет абляции с радиационной температурой в несколько сотен эВ [электрон-вольт]. При этих температурах скорости звука в веществе составляют несколько сотен километров в секунду, что сравнимо со скоростями имплозии, необходимыми для изоэнтروпического¹⁸ сжатия DT до плотности, большей чем в жидком состоянии в более чем в тысячу раз. Сжатие сферы в тысячу раз может снизить требуемую энергию драйвера почти в миллион раз.

¹⁸ Там же, стр. 9. В электронном письме от мая, 2014 года Кэри Саблетт объяснил: "Изоэнтропия означает, что вся масса топлива эффективно сжимается и происходит очень небольшой его паразитный нагрев (такой нагрев - чистое увеличение энтропии), и по существу вся энергия сжатия идет на увеличение его плотности. При очень сильном одиночном импульсе сжатия примерно половина затраченной импульсом энергии выделяется в виде паразитного тепла, а половина - идет на работу сжатия, что в данном случае (микро-мишень) - неприемлемо. Вместо этого необходимо создать серию импульсов-толчков, начинающихся с очень медленного небольшого начального толчка, который сжимает топливо без нагрева. Термин "изоэнтروпический" буквально означает, что энтропия системы не изменяется при сжатии. Это условие обеспечивает максимально возможную плотность сжатого топлива и, следовательно, наиболее эффективное сгорание".

Что теперь стало проблемой, так это толкатель/тэмпер из неделящегося тяжелого металла высокой плотности, который сжимает DT-топливо.

Толкатель ограничивал рост выхода энергии, поскольку его масса была в сто раз больше, чем у DT. Для достижения высоких коэффициентов усиления (100 и более) толкатель надо было исключить, а энергия имплозии должна быть минимизирована.¹⁹

¹⁹ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием."
Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*.

Устранение толкателя было еще одним серьезным отклонением от фундаментально-базовой концепции Теллера-Улама. Следующим шагом было достижение изоэнтропического (или близкого к изоэнтропическому) сжатия:

Чтобы минимизировать энергию на имплозию, большая часть DT топлива должна быть сжата почти изоэнтропически до высокой плотности. Энергия Ферми DT-топлива, сжатого в тысячу раз, составляет только один процент энергии горения (т. е. тепловая энергия при температуре горения 10 киловольт). А энергия зажигания составляет лишь один процент энергии, выделяющейся при термоядерном синтезе в случае 30-процентного выгорания. Следовательно, выделяемая энергия синтеза может быть в 10^4 раз больше, чем энергия Ферми сжатого DT. Этот коэффициент усиления может быть дополнительно увеличен за счет зажигания относительно небольшой части от всей DT-мишени в горячей

точке вблизи центра сферической конвергенции. Далее нарастание выхода энергии от термоядерного синтеза может увеличиваться за счет распространения термоядерного горения из горячего пятна в гораздо большую массу DT-топлива. **Даже при эффективности взрыва в один процент общий энергетический баланс чрезвычайно благоприятен.**²⁰

²⁰ Там же, стр. 9–10; выделение добавлено.

Эти принципы позволили сформировать форму мишени без тэмпера с высоким коэффициентом усиления.

*Я разработал сферическую имплозию с абляционным ракетным приводом для сжатия DT до высокой плотности без использования тэмпера. **Устойчивая имплозия, создаваемая абляцией, стала возможной благодаря использованию подходящего драйвера и подходящего аблятора.** Оптимальная форма импульса делает возможным очень сильное изоэнтропическое сжатие большей части DT при этом воспламеняется центральная горячая точка. Температура горячего пятна усиливается за счет настройки формы импульса так, чтобы сильное сжатие создавалось вблизи нулевого радиуса, а так же за счет использования дизайна полый мишени, содержащей DT-газ с низкой плотностью внутри.*²¹

²¹ Там же, стр. 10; выделение добавлено.

Как выглядит так оптимизированная форма импульса? Описание можно найти в "The Physics of Inertial Fusion" ("Физика инерциального синтеза"):

*Однако быстрое и почти изоэнтропическое сжатие может быть достигнуто путем наложения последовательности ударов (ударных волн). В принципе, переходя к пределу бесконечного числа ударов бесконечно малой силы каждый, возможно быстрое изоэнтропическое сжатие до произвольной плотности. Однако каждый удар в последовательности имеет скорость больше, чем его предшественник, и поэтому через определенное время догонит его. Следовательно, увеличение давления по времени, создающее последовательность скачков уплотнения, должно быть тщательно продумано так, чтобы удары сходились в центре одновременно.*²²

²² Стефано Атзени и Юрген Мейер-тер-Вен "Физика инерционного термоядерного синтеза: взаимодействие пучка и плазмы, гидродинамика, горячее плотное вещество", Международная серия монографий по физике, Vol. 125 (Оксфорд, Великобритания: Oxford University Press, 2004), стр. 52.
Stefano Atzeni and Jürgen Meyer-ter-Vehn *The Physics of Inertial Fusion: Beam Plasma Interaction, Hydrodynamics, Hot Dense Matter*, International Series of Monographs on Physics, Vol. 125 (Oxford, UK: Oxford University Press, 2004), p. 52.

Для достижения изоэнтропического сжатия требуется профилирование по времени (интенсивность поступления энергии, изменяется со временем в соответствии со специально заданным законом как мощность драйвера от времени) или "формирование импульса". Исследования Наколлса по формированию импульсов еще больше повысили эффективность: "В серии расчетов 1961 года я исследовал потенциал формирования энергии импульсов. При почти идеальной форме импульса, возможны почти

изоэнтропические, низкотемпературные термоядерные капсулы без толкателя для получения взрыва с очень высоким коэффициентом усиления, которые зажигаются и горение в них нарастает " ²³

²³ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 10.

Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 10.

К весне 1962 года, когда началась операция "Доминик", Наколлс располагал этими двумя технологиями - мишенями без толкателя и термоядерный синтез с высоким коэффициентом усиления за счет особой формы импульсов драйверов.

В этот момент Ливермор сосредоточил все мыслимые усилия на реагировании по поводу серии сверхмощных советских ядерных испытаний в атмосфере (включая взрыв мощностью 57 мегатонн). Нашей целью стало устранение потенциально катастрофического дисбаланса в области ядерного сдерживания от первого удара и поиск возможных технологических сюрпризов, открытых русскими. Работа над ICF продолжалась, но с низким приоритетом важности. ²⁴

²⁴ Там же, стр. 11–12.

30 августа 1961 года, в разгар берлинского кризиса, Никита Хрущев объявил о выходе Советского Союза из моратория на ядерные испытания. Двумя днями позже Советский Союз возобновил атмосферные испытания. ²⁵

²⁵ С 1 сентября 1961 года по 25 декабря 1962 года Советский Союз провел 138 атмосферных испытаний. Шестнадцать из этих тестов были больше трех мегатонн, а пять были значительно больше, чем самый мощный взрыв, когда-либо осуществленный США ("Кастел Браво", Castle Bravo на пятнадцать мегатонн), и они тоже были "чистыми". Самый мощный взрыв имел урожайность около 57 мегатонн и был чистым на 97 процентов. Несмотря на довольно традиционную и консервативную конструкцию заряда, он так и остается по сей день самым мощным по уровню выделенной энергии и одним из самых "чистых" ядерных испытаний, когда-либо проводившихся.

Два месяца спустя, 30 октября 1961 года, Советский Союз взорвал самое большое ядерное устройство из когда-либо построенных - РДС-220 "Царь-бомбу". Обладая мощностью около 57 мегатонн и долей деления в нем всего 3 процента, это устройство продемонстрировало совершенство конструкции как высокопроизводительного, так и "чистого" оружия. (Крупнейшее по мощности испытание в Советском Союзе до начала этой новой серии тестов составляло три мегатонны.) В результате ускоренной программы его разработки, устройство было модернизацией и относительно несложное с технологической точки зрения, поскольку на второй и, возможно, третьей ступенях использовался свинцовый тэмпер (аналогично тому как Ливермор это сделал в В-41). Тем не менее, в случае полной "грязной" мощности (от 120 до 150 мегатонн) устройство весом около 50 000 фунтов (22 700 кг) могло бы достичь "предела Тейлора" в 6 кт/кг, к которому до сих пор приближалась только В-41. За этим испытанием последовали четыре дополнительных испытания различных конструкций устройств в 1962 году на 19, 20, 21 и 24 мегатонны. Большинство, а возможно, и все эти устройства были "чистыми".

Когда президент Кеннеди вступил в должность, он пообещал сохранить мораторий на испытания, введенный администрацией Эйзенхауэра. Однако сильное давление на него в пользу необходимости ответной реакции на советские испытания шло со всех сторон, включая Конгресс и общественность. Советские успехи в области ядерного оружия, которые до этого момента значительно отставали от передовых достижений США, рассматривались как прямая угроза сдерживающему потенциалу Соединенных Штатов и их союзников. Следовательно, была начата подготовка к скорейшему возобновлению испытаний в Тихом океане. Операция "Доминик" началась 25 апреля 1962 года. После 36 взрывов, проведенных в ходе испытаний, "Доминик" стал крупнейшей и самой амбициозной серией испытаний, когда-либо проводившихся Соединенными Штатами.

Все усилия были направлены на то, чтобы догнать и, если возможно, превзойти - с помощью некоторого технологического прорыва - недавние достижения Советского Союза в области очень мощного ядерного оружия, которое представляло из себя потенциальную угрозу стабильности при первом ударе. Это был тот момент, когда Наколлс использовал свое исследование в области ICF, что бы предложить концепцию "Рябь":

Между тем я сосредоточился на возможном технологическом сюрпризе. В апреле 1962 года, за несколько месяцев до запланированного окончания серии атмосферных испытаний ["Доминик"], я предложил провести ядерное испытание радикально более высокопроизводительного термоядерного (TN) устройства, настолько фантастического, что мои коллеги подумали, что это была первоапрельская шутка. В этой радикальной конструкции высокоэффективный вторичный узел TN-устройства должен был быть сжат высоко-оптимизированным импульсом.²⁶

²⁶ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 12.
Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 12.

Здесь мы переходим в область пусть и обоснованных но предположений и вероятностей, поскольку в игру вступает секретность. Основываясь на имеющихся доказательствах, мы можем здраво предположить, что концепция "Рябь" - это не что иное, как прямое применение зарождающейся ещё технологии термоядерного синтеза с инерционным удержанием к полномасштабной конструкции термоядерного заряда, ключевыми особенностями которого являются эффективный сферический вторичный узел с высоким коэффициентом усиления, тонкой поллой (пустотелой) конструкции. Такая оболочка сжимается имплозией за счет высоко-оптимизированного рентгеновского импульса хорошо настроенной правильной формой по времени от компактного и высокоэффективного первичного узла деления. Этот же оптимизированный импульс, к тому же обеспечивал зажигание горячей точки расположенной в центре заполненной DT-газом полости, действуя точно так же, как свеча зажигания деления, но без лишней массы. Короче говоря, концепция "Рябь" - это, по сути, масштабированный вверх до ядерного взрыва термоядерный микровзрыв ICF с высоким коэффициентом усиления. Ключ к реализации концепции "Рябь" - это очень секретный и чрезвычайно сложный механизм формирования импульсов, который преобразует одиночный сильный рентгеновский импульс от первичного узла в серию точно рассчитанных импульсов. Вторичный узел без толкателя (?) также способствовал повышению эффективности устройства за счет значительного снижения веса устройства. Работа Саблетта,

опубликованная в онлайн-архиве "Nuclear Weapons Archive", дает некоторые подсказки относительно того, как может выглядеть этот механизм:

*Ключевая идея состоит в том, чтобы настроить производство энергии в первичном узле так, чтобы желаемая кривая зависимости давления от времени [форма импульса] создавалась напрямую. Функциональная форма выделения энергии деления (экспоненциальная функция) действительно достаточно хорошо соответствует желаемой функциональной форме [формы импульса]. Проблема в том, что постоянная времени достаточно эффективной системы деления просто слишком мала. К тому времени, когда ударная волна низкого давления, созданная ранней стадией деления, распространится на значительное расстояние (скажем, несколько миллиметров), сильная ударная волна от заключительных стадий деления догонит ее.*²⁷

²⁷ Кэри Саблетт, "Модулированный выход энергии первичного узла", в часто задаваемых вопросах по ядерному оружию (NWFAQ), версия 2.26, последнее обновление - 13 марта 2019 г.,

Carey Sublette, "Modulated Primary Energy Production," in Nuclear Weapons Frequently Asked Questions (NWFAQ), version 2.26, last updated 13 March 2019, <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-4.html#Nfaq4.4.4>.

*Барьер [перегородка, диафрагма] между [первичным и вторичным] узлами, сделанный из непрозрачного (с высоким Z) материала [это можно контролировать] управляет скоростью, с которой энергия течет от первичного узла к вторичному.*²⁸

²⁸ Кэри Саблетт, "Комментарии к вариантам лучевого переноса", в NWFAQ.

Carey Sublette, "Compartmented Radiation Cases," in NWFAQ, <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-4.html#Nfaq4.4.4>.

Термин "высокий Z" относится к элементам в таблице Менделеева с более высокими атомными номерами (буква "Z" обычно используется для атомного номера).

*Диафрагма будет двигаться вперед с очень высокой скоростью за счет давления абляции, и предотвращение повреждения им вторичного узла будет серьезной проблемой. Одним из возможных способов решения этой проблемы было бы размещение экрана из прозрачного для рентгеновского излучения материала с низким Z (например, лития, бериллия или бора) между диафрагмой и вторичным узлом для поглощения удара импульса от барьера.*²⁹

²⁹ Там же.

*Возможны разные варианты реализации этой идеи. Изменение толщины или состава различных частей барьера может обеспечить более тонко продуманный профиль передачи энергии. Тепловая энергия может быть отведена в "радиационные баллоны" путем беспрепятственного прохождения через канал или трубу перед тем, как попасть ко вторичному узлу. Для управления скоростью потока энергии можно использовать несколько барьеров или перегородок.*³⁰

³⁰ Кэри Саблетт, "Модулированный выход энергии первичного узла" Sublette, "Modulated Primary Energy Production."

Анализ Саблетта также, подтверждает высокую вероятность тонкостенной конструкции вторичного узла "Рябь" в виде поллой оболочки: "Вторичный узел в виде поллой оболочки будут необходим для использования в паре с первичными узлом, который использует профилированное выделение энергии при создания эффективного сжатия".³¹

³¹ Кэри Саблетт, "Конструкции термоядерного оружия", в NWFAQ, Carey Sublette, "Thermonuclear Weapon Designs," in NWFAQ, <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq4-5.html>.

Известные размеры и вес (большой объем при малом весе) устройств "Рябь" косвенно подтверждают эту гипотезу. Мы знаем, что все (четыре) протестированных устройства "Рябь" использовали продвинутый первичный узел Kinglet (переводится на русский, буквально как "царёк, королёк")³²

³² Kinglet был усовершенствованным, очень компактным первичным узлом с двухточечной инициацией, который использовалась как триггер в боеголовках W-55 и W-58.

Использование Kinglet особенно интригует из-за того, насколько новой была конструкция в то время, и, что более важно, из-за его очень небольшой мощности по сравнению с мощностью второй ступени "Ряби": не более 10-15 килотонн и, исходя из данные по тесту "Доминика" "Танана" (Dominic Tanana, Танана - река и город на Аляске), всего 2,6 килотонны (это триггер для вторичного узла с мощностью более 10 мегатонн!). Для сравнения, для обычного W-53 мощностью 9 мегатонн требовался первичный узел мощностью 100 килотонн плюс (делящиеся элементы конструкции) в тэмпере и свеча зажигания во вторичном узле.

Какой смысл несло само название "Ripple" (Рябь, пульсация, волнистость, зыбь, журчание)? До этого момента стандартной практикой Ливермора было называть во всех своих термоядерных устройствах, собственно, вторичный узел в честь духовых музыкальных инструментов. В качестве примера можно привести устройства с названием "Фагот" (Bassoon), "Виолончель" (Cello), "Флейта" (Fife), "Гобой" (Oboe), "Каллиопа" (Calliope) и "Труба" (Tuba). Уход от этой традиции в названии "Ripple", "Рябь" подчеркивает радикально иной характер дизайна. Термин "пульсация, зыбь, рябь" четко указывает на непростую, сложную форму импульса энергии, которая является ключевой к концепции.

Лишь по воле случая концепция "Рябь" вообще успели протестировать. График испытательных взрывов всей серии "Доминик" был спланирован задолго до апреля, и не было уже времени включать некое новое тестовое устройство, которое еще не было даже спроектировано, не говоря уже об изготовлении. Однако неоднократные отказы высотных ракетных запусков, проводимых на острове Джонсон (Johnston Island), привели к тому, что тестовые операции на острове Рождества (Christmas Island) были продлены с июня по июль.³³ Это обеспечило Ливермору для дебюта, дополнительный лаг времени, в котором он нуждался.

Фостер (John Foster) отправил меня в Вашингтон, чтобы подтолкнуть процесс одобрение ядерного испытания по моей схеме. Меня сопровождал Роланд Хербст (Roland Herbst), физик-теоретик и опытный конструктор оружия. Я сделал доклад председателю АЕС Гленну Сиборгу и моему бывшему начальнику, руководителю

*отдела исследований и разработок Министерства обороны США Гарольду Брауну. В итоге президент Кеннеди одобрил ядерное испытание - последний эксперимент в серии тестов.*³⁴

³³ Операция "Фишбоул" (Fishbowl, круглый аквариум) - часть операции "Доминик", связанная с исследованием высотных эффектов при взрыве, проводилась на острове Джонстон (Johnston), примерно в 700 милях к юго-западу от Гавайев. Только пять из девяти тестов оказались удачными. Все отказы объяснялись неисправностями в ракетах.

³⁴ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 12. Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 12.

2 июля президент Кеннеди лично санкционировал испытание первого устройства "Рябь" в рамках мероприятия "Памлико" (Pamlico)³⁵, первоначально назначенного на 7 июля. У Наколлса было мало времени и ограниченные ресурсы для работы, не говоря уже о сложности разработки и изготовления радикально новой концепции.

*Я был ведущим разработчиком взрывного устройства, и это было мое первое ядерное испытание вообще. Было мало времени или компьютерных ресурсов. Эксперты Ливермора по проектированию ядерных зарядов считали, что успех невозможен. [Джон] Фостер (John Foster) и [Питер] Моултроп (Peter Moulthrop) были на этом фоне заметными исключениями. Я жестко ограничил (упростил?) конструкцию ядерного изделия, чтобы свести к минимуму вычисления, и использовал детали, которые можно было быстро изготовить, при этом избежать или уменьшить вероятность отказа. Ядерное проектирование, инжиниринг и изготовление были завершены за два месяца. (Сегодня на такое потребуются годы.) Неоценимую помощь оказал мой единственный помощник Рон Тайссен (Ron Theissen), технический специалист по нашему заданию из вычислительного отдела. Несколько других разработчиков так же вызвались помочь. Днем и ночью мы с Роном перфорировали карты IBM входными данными для сотен одномерных вычислений. Хотя устройство было экстремального дизайна, но вычислительного времени было у нас только для нескольких простых двумерных вычислений.*³⁶

³⁵ Как и в случае операции "Редвинг" (Operation Redwing) в 1956 году, все ядерные испытания, проведенные в рамках операции "Доминик", были названы в честь индейских племен (Памлико - название индейского племени и округа в штате Северная Каролина).

³⁶ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 12. Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 12.

Важность данного теста подчеркивается в письме заместителя специального помощника США по вопросам национальной безопасности Карла Кайсена послу Великобритании сэру Дэвиду Ормсби Гору:

Президент санкционировал испытание устройства "Рябь" как событие "Памлико" ... Это испытание, в случае успеха, позволит достичь гораздо более высоких показателей удельной мощности оружия. Хотя технически он

воплощает в себе иную концепцию, чем [удалено - неизвестно?], он предназначен для достижения того же результата. Его можно рассматривать как замену ему. Что касается группы категорий, которые мы дали вам 27 февраля, это относится к первому классу продвинутых концепций.³⁷

³⁷ Карл Кайсен - сэру Дэвиду Ормсби Гору, 2 июля 1962 г., стр. 1, воспроизведен на компакт-диске "На испытательном полигоне в Неваде" (Лас-Вегас, Невада: Архив ядерных испытаний NNSA / NSO, 2012 г.).

Carl Kaysen to Sir David Ormsby Gore, 2 July 1962, p. 1, reproduced on Nevada Test Site CDROM(Las Vegas, NV: NNSA/NSO Nuclear Testing Archive, 2012)..

В дальнейшем этот компакт-диск будет называться просто "компакт-диск" ("CD-ROM") вместе с информацией о конкретных документах, содержащихся на нем.

11 июля устройство "Рябь" весом 9 162 фунта (4 156 кг) было сброшено с самолета B-52 и взорвалось на высоте 14 330 футов (4 360 м), в результате чего выдало 3,85 мегатонны. "Физический пакет" представлял собой цилиндр длиной 123,4 дюйма (3,13 м) и диаметром 56,2 дюйма (1,43 м). Прогнозируемая мощность оценивалась от 3 до 5 мегатонн. Наколлс лично был свидетелем испытания и описал событие и реакцию своих ливерморских коллег:

Предрассветным утром в начале июля 1962 года я наблюдал многомегатонную вспышку своего устройства "Памлико" на пляже острова Рождества в районе ядерного полигона Объединенной оперативной группы номер 8 в Тихом океане. Мы завернулись в белые простыни, чтобы избежать теплового излучения, и одели темные очки. На расстоянии в пятьдесят миль от нас самолет B-52 сбросил ядерное устройство на парашюте. Внезапно мы были ошеломлены и ослеплены многомегатонным импульсом интенсивного света и тепла, излучаемого трехкилометровым огненным шаром. Ночь превратилась в день. Гигантское грибовидное облако поднялось вверх и расползлось на высоте 80 000 футов (24 400 м). Советский корабль-разведчик виднелся на горизонте.

Фостер послал машину директора, чтобы встретить меня в аэропорту Сан-Франциско. Позже он устроил ужин и праздничное гуляние в отеле Palace в Сан-Франциско.

Мои коллеги были поражены удачей моей новинки и посоветовали мне "бросить все, пока ты на коне". Но я был на одной волне с творческим оптимизмом Лоуренса и Теллера. Я не боялся неудач. Правило Фостера заключалось в том, что если вы не терпите неудач в половине случаев, вы недостаточно стараетесь. Его динамичный дух вдохновлял Ливермор. "Вы можете преуспеть! Я хочу работать так быстро, что советские передовые наработки устареют".³⁸

³⁸ Веларде и Сантамария, под ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 2–13.

Velarde and Santamaría, eds., Inertial Confinement Nuclear Fusion, pp. 12–13.

На волне этого первоначального успеха Наколлс и его помощники немедленно приступили к доработке и оптимизации дизайна "Рябь", начав работу над устройствами "Рябь II" и "Рябь III".

Отчет JTF-8 для АЕС обсуждал результаты "Памлико" и подчеркивал его значение:

["Памлико"] был испытанием новой концепции. ... Это событие, состоящее из серии сбросов с бомбардировщика на острове Рождества, было физическим исследованием [удалено]. ... Это было экспериментальное [удаленное] устройство, спроектированное и построенное Радиационной лабораторией Лоуренса за месяц. ... Считается, что этот тест, в результате дальнейших экспериментов и проектирования, может привести к созданию боеголовок большей мощности [удалено].

*Цели концепции ""Рябь" заключались в исследовании новых возможностей по расширению диапазона отношения мощности к массе при разработке термоядерных боеголовок высокой мощности. ... Очень хорошие результаты открыли здесь новые перспективы в разработке термоядерных боеголовок большой мощности.*³⁹

³⁹ "Отчет командующего восьмой объединенной оперативной группой", 4 июня 1964 г., стр. LA-24-1, LB-1-1.

"Report by Commander Joint Task Force Eight," 4 June 1964, pp. L-A-24-1, L-B-1-1.

Письмо председателя АЕС Сиборга от 10 августа 1962 года проливает дополнительный свет на "Памлико", подчеркивая радикально новый характер устройства "Рябь":

Устройство ["Рябь"], о котором ранее шла речь в моем письме президенту, заслуживает дополнительных комментариев. Для достижения максимально возможного отношения мощности к весу ядерного оружия необходимо эффективно сжигать термоядерное топливо с высокой долей выгорания [удалено].

Основываясь на успехе испытания "Памлико" [удалено], Радиационная лаборатория Лоуренса сообщила, что конструкции системы топлива ["Рябь"] может быть усовершенствована и при дальнейших испытаниях могут быть созданы уже прототипы оружия [удалено].

*Тест "Памлико" был проверкой уникальных передовых принципов, связанных с высокой эффективностью термоядерного горения в результате [удалено]. Предварительные данные показывают, что устройство ["Рябь"] работало примерно так, как предполагалось. При дальнейших испытаниях концепция ["Рябь"] может быть применена к созданию в будущем конструкции нового оружия, таким образом, обеспечит заметное повышение эффективности термоядерных зарядов.*⁴⁰

⁴⁰ Гленн Сиборг, председатель USAEC, президенту, 10 августа 1962 года, копия к Леланду Дж. Эсворту, уполномоченному USAEC, почтенному Макджорджу Банди, специальному помощнику президента по вопросам национальной безопасности, Белый дом, 10 августа 1962 года, цитируется у Хансена, "Мечи Армагеддона" версия 2, стр. 429, 432.

Glenn Seaborg, Chairman, USAEC, to the President, 10 August 1962, attachment to Leland J. Esworth, Commissioner, USAEC, to Honorable McGeorge Bundy, Special Assistant to the President for National Security Affairs, the White House, 10 August 1962, quoted in Hansen, Swords of Armageddon Version 2, pp. 429, 432.

"Памлико" должен был стать последним ядерным тестом в воздухе путем сбросом бомбы с бомбардировщика в серии операции "Доминик", но непредвиденное событие изменило ситуацию всего через две недели спустя:

Вечером 25 июля 1962 года на стартовой площадке острова Джонстон (Johnston Island) взорвалась и сгорела БРСД "Тор" [баллистическая ракета средней дальности]. Затем наступил примерно двухмесячный интервал отсутствия испытаний на острове Джонстон, что позволило лабораториям немного больше задуматься о своих проблемах при разработке устройств с высоким выходом энергии.⁴¹

⁴¹ Уильям Огл, "Отчет о возврате к ядерному оружию...".

Ogle, *An Account of the Return to Nuclear Weapons*.

Эта авария произошла во время проведения одного из запланированного взрыва на большой высоте "Блюгел Прайм" (Bluegill Prime). Ракета "Тор", которая должна была поднять ядерную боеголовку W-50 на высоту 160 000 футов (49 000 м), взорвалась на стартовой площадке и разрушила стартовый комплекс, загрязнив местность плутонием.⁴²

⁴² Л. Беркхаус и др., Обзор персонала ядерных испытаний операции "Доминик I" (Вашингтон, округ Колумбия: Ядерное агентство обороны, 1962 г.), стр. 229–241.

L. Berkhouse et al., *Operation Dominic I Nuclear Test Personnel Review* (Washington, DC: Defense Nuclear Agency, 1962), pp. 229–241.

Дезактивация и восстановление площадки приостановили работы в рамках операции "Доминик" почти на два месяца. Это событие побудило директора по военным приложениям АЕС, бригадного генерала А.В. Беттса (A. W. Betts), связаться с Ливермором и Лос-Аламосом 27 июля и сделать предложение им подумать о возможности продолжения ими дальнейших атмосферных испытаний. Ливермор ответил с обычным энтузиазмом:

2 августа [директор LRL] Фостер сообщил Беттсу о желании LRL провести следующие атмосферные взрывы во время "Доминик". [удалено] Далее он отметил, что русские объявили о своем намерении провести дальнейшие атмосферные испытания в августе, сентябре и октябре, и сказал: "Лаборатория должна приложить все усилия, чтобы подготовить и протестировать свои наиболее полезные и срочные эксперименты". Он добавил, что LRL приступила к проектированию и созданию новых устройств ["Рябь II и "Рябь III"].⁴³

⁴³ Уильям Огл, "Отчет о возврате к ядерному оружию...", стр. 405.

Ogle, *An Account of the Return to Nuclear Weapons*, p. 405.

Лос-Аламос почти отказался от всего этого, выполнив только одно дополнительное испытание своего устройства "Дюймовочка" (Thumbelina) средней мощности в тесте "Чама" (Chama). Ответ Брэдбери от 8 августа вполне следовал в русле прошлого подхода Лос-Аламоса.

Любое устройство, которое мы могли бы подготовить в предложенные сроки, было бы очень сырым, далеко не оптимизированным и с непредсказуемым поведением. Мы бы не рекомендовали его тестирование в настоящее время, но

могли бы рассматривать первую версию как очень подходящий прототип через год после проведения адекватного расчетного исследования. ... Нам может показаться, что единственное оправдание для попытки срочно собрать хоть что-то путевое в пределах предлагаемой временной шкалы будет то, что как вы первоначально сказали, мы должны действовать, потому что надо исходить из предположения, что дальнейшие атмосферные испытания в ближайшие год или два маловероятны. ⁴⁴

⁴⁴ Там же

6 августа Гарольд Браун, который стал директором по оборонным исследованиям и разработкам Министерства обороны при министре обороны Роберте Макнамаре, попросил АЕС "изучить возможность разработки тестового устройства в ближайшее время, которое обеспечило бы максимально возможную мощность при весе около 6 000 фунтов (2 720 кг)". ⁴⁵

⁴⁵ "Меморандум для Комитета по военным связям относительно боеголовки для Титана II", 6 августа 1962 г., NV76772, на компакт-диске.

Memorandum for the Military Liaison Committee regarding a Warhead for the Titan II, 6 August 1962, NV76772, on CD-ROM.

Шесть тысяч фунтов - это вес физического пакета; он не включает блок управления и наведения, баллистический обтекатель (RV- reentry vehicle), переходной адаптер RV или средства противодействия. Точное четырехзначное число разборчиво только частично из-за плохого качества шрифта.

Предметом осуждения этого запроса была "Титан II", новейшая и самая большая межконтинентальная баллистическая ракета США. Боеголовкой для этой ракеты была W-53, разработанная Лос-Аламосом и впервые испытанная во время операции "Хардтэк" (Hardtack, сухарь, галета) в 1958 году ⁴⁶.

⁴⁶ Последняя из существовавших ядерных боеголовок МК-53 было демонтировано в 2010 году, что ознаменовало конец высокомоощного термоядерного оружия в Соединенных Штатах.

W-53 весил приблизительно 6113 фунтов (2 770 кг) (согласно данным испытаний) и имел два варианта мощности. Стандартная или "грязная" версия давала 8,9 мегатонн (тест Oak, "Дуб"); "чистая" версия должна была дать от 2 до 3 мегатонн (тест Sycamore, "Платан"), но испытания потерпели неудачу. При 3,2 кт/кг для "грязной" версии W-53 имела наивысшую удельную мощность из всех боеголовок МБР в арсенале. В сочетании с ракетой-носителем (RV), ложными ловушками и адаптером RV это была максимальная полезная нагрузка, которую "Титан II" мог доставить на расстояние 5 500 морских миль (10200 км), необходимое для поражения большинства целей в СССР.

14 сентября Браун получил ответ на свой запрос об устройстве максимально возможной мощности для "Титан II":

Мы изучили эту возможность с двумя оружейными лабораториями и пришли к выводу, что за время, отведенное нам до завершения операции "Доминик", было бы невозможно спроектировать и изготовить устройство, которое отвечало бы такому требованию. Однако, в то же время, очевидно, что у нас есть

предложение по тестированию устройства, ["Рябь II"], которое станет большим шагом в направлении такой разработки, о которой вы просили. Соответственно, мы предложили, и президент одобрил, включение ["Рябь II"] в испытания на сброс с воздуха, которые будут проводиться у острова Джонстон.⁴⁷

⁴⁷ А. Р. Людеке Гарольду Брауну, 14 сентября 1962 г., на компакт-диске.

A. R. Luedecke to Harold Brown, 14 September 1962, on CD-ROM.

Этот ответ, который получил Браун, был фактически сформирован на встрече, состоявшейся в Белом доме 5 сентября между президентом Джоном Ф. Кеннеди и его советниками по вопросу о прогрессе достигнутом в ходе операции "Доминик". Они обсудили, какие - если таковые будут - сбрасывать устройства с воздуха, в появившееся окно возможностей, связанном с задержкой операций на острове Джонстон. Запись этой встречи была рассекречена только недавно, и, хотя некоторые разделы все еще засекречены, она представляет собой одно из самых значительных открытий в связи с поиском деталей истории концепции "Рябь", когда-либо открытые для широкой публики.⁴⁸

⁴⁸ Заседание по серии ядерных испытаний в ходе операции "Доминик", 5 сентября 1962 года.

Meeting on the Dominic Nuclear Test Series, 5 September 1962.

Чтобы облегчить изучение этого материала, я разделил имеющуюся в доступе запись на шесть частей. Среди названных участников, помимо Кеннеди, присутствуют председатель АЕС Сиборг (AEC Chairman Seaborg), советник по национальной безопасности Макджордж Банди (National Security Adviser McGeorge Bundy), заместитель специального помощника по вопросам национальной безопасности Кайсен (Deputy Special Assistant for National Security Affairs Kaysen), министр обороны Макнамара (Secretary of Defense McNamara), специальный помощник президента по науке и технологиям Джером Визнер (Special Assistant to the President for Science and Technology Jerome Wiesner), государственный секретарь Дин Риск (Secretary of State Dean Rusk) и глава Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) Джеймс Уэбб (National Aeronautics and Space Administration (NASA), James Webb).

Часть I

Президент Кеннеди: А как насчет наших испытаний? Как бы вы обобщили наши результаты, насколько они?... Как они в целом? Если бы они [Русские] оценивали наши тесты, отозвались бы они о них так же, как вы отзываетесь об их?

Гленн Сиборг: Я думаю, что они не смогли бы понять изощренность некоторых из самых крупных достижений, которые у нас есть.

Неопознанный голос: Я думаю, что здесь надо сделать одно замечание. Я не хочу придавать этому большое значение, но это так: чистоту этого 25-мегатонного взрыва [советское испытание] можно по разному интерпретировать... Я имею в виду, что это может иметь разный смысл. Но наши самые передовые идеи, а именно концепция "Рябь", приводят к в самой своей основе чистой системе и максимальной эффективности.

Другой неопознанный голос: Вы не знаете, это был чистый вариант некоего устройство или это совсем другое оружие, которое...

Неопознанный: Верно. Или [неразборчивое междометие]... чистое, чтобы только провести негрязный тест, или это чисто [неразборчивое междометие].

Сиборг: К сожалению, я считаю, что именно в этом камень преткновения. И я думаю, что тут был совсем другой процесс. Я проверю, у меня таких данных здесь пока нет, но как я понимаю он [вторичный узел заключен в оболочку] из свинца, так что это не потрясаяще новый дизайн.

Уэбб: Что касается вашего предыдущего вопроса, господин президент, я думаю, что, вероятно, единственная наиболее продвинутая наша концепция, из наблюдения за тестированием которой они не смогли бы извлечь осмысленный вывод что это такое, это именно "Рябь", которая, конечно, [пока проходит испытания] дает просто очень большую мощность и [является] очень сложным устройством. Так что я сомневаюсь, что они действительно могли это понять.⁴⁹

⁴⁹ Там же.

Двумя методами определения урожайности и чистоты с большого расстояния являются измерение электромагнитного импульса и радиохимический анализ выпадения осадков.

Эта начальная часть обсуждения сконцентрирована на состоянии американской технологии производства высокоэффективных, мощных и "чистых" зарядов, а так же на сравнение этого с чем-то подобным в Советском Союзе. Здесь обсуждаются несколько важных моментов, и все они взаимоувязаны, но каждый требует своего особого объяснения.

1.) В "чистом" 25-мегатонном⁵⁰ русском взрыве 5 августа 1962 года использовался вторичный узел со свинцовым тэмпером, который заменял в нем делящийся материал.

⁵⁰ Такой выход определен в результате наблюдения за тестом со стороны США. Позже советские официальные лица заявили, что их измерения зафиксировали мощность в 21,1 мегатонны.

Такой же подход использовался во всех конструкциях "чистых" термоядерных зарядов США с 1956 года. Названный просто "методом замены материалов", он привел к снижению мощности взрыва (и, следовательно, снижению удельной урожайности выхода) на 50 процентов или более. Это означает, что устройство было специально "очищено", а не было "чистым" по своей сути. В разговоре подчеркивалась именно такая природа испытанного Советами заряда, чтобы противопоставить ее технологии, лежащей в основе концепции "Рябь", в которой, как заявил Сиборг, не использовался в корпусе оболочки вторичного узла свинец для достижения высокого отношения синтеза к делению или "чистоты". И это прямо ведет нас к следующему пункту.

2.) Концепция "Рябь" представляет из себя "чистую по своей природе систему с максимально возможной удельной мощностью"

Это означает, что устройство "Рябь" не было как-то специально "очищенным", потому что устройство само по себе, по своей концепции "чистое". Скорее всего, оно было "чистым",

просто потому что так работала изначально сама идея дизайна. "Максимальная удельная мощность выхода" подразумевает очень высокую степень выгорания термоядерного топлива. Типичный процент выгорания термоядерного топлива в обычном термоядерном заряде и по сей день не намного превышает 30 процентов и удельная мощность поэтому у "чистого" оружия традиционной конструкции получается намного ниже без делящегося тэмпера чем у зарядов "обычной" конструкции.⁵¹

⁵¹ Сабблет, "Конструкции термоядерного оружия".
Sublette, "Thermonuclear Weapon Designs."

Чрезвычайно высокие отношения урожайности взрыва к весу заряда, на что и была нацелена программа "Рябь", в любом случае потребовали бы и как высокоэффективного сжигания, так и очень высокого процента выгорания при синтезе, если вы хотите достигнуть таких соотношений при заданном весе.

3.) Концепция "Рябь" представляет из себя вершину совершенства в искусстве конструирования ядерного оружия в Соединенных Штатах.

4.) Устройства "Рябь" специально тестировались на "сильно" пониженном выходе мощности.

5.) Устройство "Рябь" было очень изощренно-сложным; Очевидно, настолько, что системы внешнего наблюдения за термоядерными испытаниями такого оружия (бангметры и т. д.) не могли дать информацию о его конструктивных особенностях.

Часть II

Банди: Новая серия из пяти атмосферных тестов, в первую очередь предназначена для дальнейшего изучения вопроса создания оружия с очень высокой мощностью и, вероятно, малым весом. Я считаю, что наиболее важными из них являются эксперименты с "Рябь II" и "Рябь III".

Банди: Возможно, стоит уделить минуту времени, чтобы объяснить, что это такое. Я подумал, что тут надо предоставить слово Ли [то есть, комиссару АЕС Лиланду Хейворту] или Гленну [Сиборгу]. ... Потому что это, вероятно, самая важная техническая разработка в нашей собственной серии испытаний "Доминик".

Кайсен: Это, в некотором роде, прорыв, достигнутый в Ливерморской лаборатории.

Одна минута 29 секунд исключена из записи, как секретная информация. (Техническое изложение концепции "Рябь")⁵²

⁵² Так написано в стенограмме совещания в Белом доме, посвященном серии ядерных испытаний "Доминик", 5 сентября 1962 г

Здесь подчеркивается первостепенное значение программы "Рябь" во всей серии тестов "Доминик", и мы узнаем, что это действительно была революционная концепция: революционная технология в отличие от эволюционной. Ничего подобного не было ни ранее, а с тех пор и теперь в конструкции термоядерного оружия. В научном отчете JTF-8 за июнь 1964 года, указывалось на это: "Была надежда, что Соединенные Штаты достигнут в двух экстренных экспериментах ("Рябь" II и III) результатов, превышающих характеристики, которые были получены в течение многих лет с традиционными конструкциями".⁵³

⁵³ "Отчет командующего восьмой объединенной оперативной группой", 4 июня 1964 г., стр. ЛБ-1-1.

"Report by Commander Joint Task Force Eight," 4 June 1964, p. L-B-1-1.

Во время моей беседы с Фостером (John S. Foster, Jr.) он сказал, что дизайн "Рябь" был "тем что надо". Это и был прорыв, которого Теллер и Браун ожидали тогда, в 1960 году.

Часть III

Макнамара: Ну в таком случае мы могли бы уже начать планировать тестовые сбросы с самолетов.

Визнер: Это да, но есть проблема, как понимаю. Она в том, что заряды "Рябь" должны быть еще изготовлены.

Неопознанный голос: Да, это так.

Визнер: И так, вы не можете сбрасывать их уже завтра. Они все еще находятся в лаборатории, в разработке.

Неопознанный: На самом деле тут были заложены самые ранние сроки, когда они могли бы быть в принципе готовы.

Президент Кеннеди. Вы имеете в виду каждый из этих конкретных зарядов, другими словами...

Неопознанный: Прямо сейчас все они находятся в лаборатории на стадии разработки.⁵⁴

⁵² совещания в Белом доме, посвященном серии ядерных испытаний "Доминик", 5 сентября 1962 г

Обнаружение того, что тестовые устройства "Рябь" II и III все еще (или уже?) находятся на стадии разработки в Ливерморе, подчеркивает всеобщее стремление подготовить дополнительные устройства сразу после успеха "Памлико", косвенно подтверждает огромный первоначальный успех Наколлса.

Часть IV

Банди: Господин президент, вы задали вопрос, какие тесты мы сейчас можем исключить. Я не считаю, что это недопустимо длинный

список, учитывая контекст разных идей, возможностей и знаний, которые, вероятно, мы в итоге получим. Я согласен с [госсекретарем] в том, что это [то есть "Рябь II"] важный тест. Но я допускаю, что, возможно, это наш последний реальный шанс провести все эти тесты. И я полагаю, нам есть много что еще узнать, для чего надо занять твердую позицию. И мы должны ясно выяснить то, что можно еще выяснить, потому что у нас может быть впереди год или полтора года, когда это узнать уже будет не просто.

Президент Кеннеди: Вы думаете...

Раск: На самом деле, например, значительное увеличение отношения мощности выхода к массе очень важно с точки зрения безопасности, что [неразборчиво].

Визнер: Я думаю, вы должны быть осмотрительны в принятии решения, потому что, насколько я понимаю, этот тест, "Рябь II", поставит вас в сложное положение. И он только лишь позволит вам в будущем разрабатывать оружие, которое потребует еще дальнейших испытаний, так что...

Неопознанный голос: Нет, это поставит вас в довольно хорошее положение.

Визнер: Но, только, он может оказаться на 30-40 мегатонн.

Неопознанный: Нет, не окажется.

Другой неопознанный: Может быть, 15 [мегатонн].

Неопознанный: Да.

Визнер: Я понимаю это. Так что я думаю, что это должно быть ясно.

Неопознанный: Но это принесет большие выгоды.⁵⁵

⁵⁵ Там же.

Здесь возникает несколько примечательных моментов.

1.) Концепцию "Рябь" следует протестировать сразу, а не когда-нибудь в будущем.

Всего месяцем ранее в Женеве Соединенные Штаты и Великобритания предложили частичный запрет испытаний, который ставил бы вне закона атмосферные и космические испытания с 1 января 1963 года. Советский Союз отклонил это предварительное предложение, но давление нарастало и надо было поторапливаться, сдвигать все исследовательские темы с мертвой точки, проводить испытания как только возможно быстрее, если это связано с любыми тестами, которые надо проводить в атмосфере или космическом пространстве (испытания устройств повышенной мощности и эксперименты связанные с ПРО).

2.) Тест "Рябь II" станет гигантским шагом на пути к достижению соотношения урожайности к весу, обещанного в случае окончательно продуманной и проверенной конструкции "Рябь".

3.) Как было показано ранее, испытательное устройство "Рябь II" рассматривалось как важный первый шаг в достижении устройства максимальной мощности в весовой категории 6 000 фунтов (2 720 кг) для межконтинентальной баллистической ракеты "Титан II".

В моем разговоре с Фостером он сказал, что сбросить устройство системы "Рябь" с самолета - это одно. Совсем другое дело - добиться гарантии доставки чрезвычайно сложных внутренних компонентов устройства "Рябь" к цели, добиться что бы они выдерживали огромные перегрузки и температуры, которые возникают при полете с помощью межконтинентальной баллистической ракеты. Только по этой причине было бы и нужны дальнейшее тестирование и разработка.

4.) Здесь мы обнаруживаем, что первоначально прогнозируемый диапазон мощности взрыва для полностью снаряженного термоядерным топливом устройства составлял от 30 до 40 мегатонн.

5.) Тест "Рябь II" должен был дать максимум примерно 15 мегатонн, что было преднамеренно уменьшено по сравнению с гораздо большим реально возможным выходом.

Пятнадцать мегатонн - это не взятое произвольно число. Вплоть до операции "Хартек" (Operation Hardtack) в 1958 году президент Дуайт Эйзенхауэр придерживался негласного правила, что ни один ядерный испытательный взрыв по мощности не может превышать наиболее мощного испытания проведенного США в 15 мегатонн, избыточно выделившихся в результате теста "Кастел Браво" (Castle Bravo) в 1954 году⁵⁶

⁵⁶ Президент Дуайт Д. Эйзенхауэр, Стерлингу Коулу, Палата представителей, 27 мая 1957 г., цитируется по Хансену, "Мечи Армагеддона" версия 2, стр. 307.
President Dwight D. Eisenhower to Sterling Cole, House of Representatives, 27 May 1957, quoted in Hansen, *Swords of Armageddon Version 2*, p. 307.

Несмотря на все давление со стороны Пентагона, АЕС и Ливермора, президент Кеннеди тоже отказался превышать предел в 15 мегатонн, установленный его предшественником.⁵⁷

⁵⁷ Рональд Дж. Терчек, "Рождение Договора о запрещении испытаний" (Нью-Йорк: Springer, 2013), стр. 4.
Ronald J. Terchek, *The Making of the Test Ban Treaty* (New York: Springer, 2013), p. 4.

Часть V

Визнер: С другой стороны, господин президент, хочу вам напомнить, что эксперимент типа "Кингфиш" (Kingfish) был одной из основных причин, по которой, по нашему мнению, нам пришлось

возобновить тестирование, чтобы получить [эти] эффекты [неясно]. Из-за того, что нам не повезло в Тихом океане (например, из-за неудач с ракетами "Тор"), мы не провели этот тест. Многие другие, я думаю, были бы исключены, если бы вы серьезно отнеслись к критериям, которые мы начали применять изначально, и о которых говорил секретарь.

Макнамара: Я бы хотел поговорить об этом, Джерри. Думаю, "Рябь III" резать не стоит.

44 секунды исключены как секретная информация.

Макнамара: Возможно, нам придется в итоге взрывать выше, чем предполагалось ранее, чтобы избежать систем противоракетной обороны. Поэтому я думаю, что "Рябь III" - это важный тест, а также, я полагаю, что "Рябь II" - тоже важный тест. Так что, я бы не стал резать ни "Рябь II", ни "Рябь III". Есть и другие, которые можно зарезать, но не эти два теста.⁵⁸

⁵⁸ Совещания в Белом доме, посвященном серии ядерных испытаний "Доминик", 5 сентября 1962 г

Из-за опасений относительно развития советской системы ПРО, были сочтены необходимыми дополнительные космические испытания, поэтому здесь обсуждение было сосредоточено на том, какие другие испытания можно было бы сократить. Что еще больше усложняло ситуацию, так это запуски по проекту "Меркурий", которые были запланированы на май 1963 года, а испытания связанные с воздействием на ПРО в космосе создавали искусственные радиационные пояса и вынуждали НАСА переносить запуски для безопасности астронавтов. Тут мы снова обнаруживаем важность испытаний концепции "Рябь" по сравнению с другими оружейными разработками. Также упоминается особенность боевого применения подобных устройств, что перекликается с отчетом JTF-8 от июня 1964 года. Все это подразумевает, что концепция "Рябь" обеспечит достаточно большой выход энергии чтобы эффективно поразить цель при взрыве на значительно больших высотах, и что она необходимо для надежной маскировки головки ложными целями.

Часть VI

Президент Кеннеди: Теперь нас беспокоит, о чем мы еще особо и не говорили, осадки [т.е. радиоактивные осадки в результате испытаний в атмосфере].

Визнер: Ну, вот почему я так равнодушен к "Дюймовочке" (Thumbelina). ["Дюймовочка" была в списке на отмену.]

Неопознанный голос: Вот где нам поможет "Дюймовочка".

Визнер: "Дюймовочка" очень помогает; но "Рябь II" и "Рябь III" также будут иметь существенное значение. Я понимаю, что Секретарь...

⁵⁹ Там же.

Операция "Доминик" подчинялась "бюджету деления", что означало, что только определенный процент от суммарного энергетического выхода всей серии испытаний мог быть получен за счет деления. Следовательно, любые испытываемые устройства, которые имели относительно высокую мощность взрыва с низкой долей в ней энергии от деления, были полезны для уравнивания других обычных или "грязных" испытаний. Устройство LASL "Дюймовочка" было экспериментальной конструкцией с "чистым" вторичным узлом, испытанной в тесте "Чама" (Chama) 18 октября. Будучи "чистым" по своей сути дизайном устройство "Рябь" добавит лишь незначительную сумму к бюджету деления. Отсюда опять возникло его обсуждение в этой заключительной части заседания при сведении баланса радиоактивных осадков по всей операции "Доминик". Обеспокоенность президента Кеннеди проблемой радиоактивных осадков свидетельствует о его очень особой позиции в области ядерных испытаний, которая в итоге сыграла важную роль в окончании судьбы программы "Рябь". Браун (Harold Brown) отметил эту позицию в интервью 1964 года:

*Кеннеди начинал, я думаю, с инстинктивного предубеждения против ядерных испытаний. Не предвзятости, а именно с инстинктивного чувства против ядерных тестов. Он очень серьезно относился к последствиям, я думаю, гораздо серьезней, чем это было оправдано чисто техническими соображениями, но как очевидно теперь, это его отношение вовсе не было неправильной оценкой политической ситуации. Думаю, это была тогда как раз правильная оценка.*⁶⁰

⁶⁰ Интервью Гарольда Брауна "Устная история" № 5, 25 июня 1964 г., в цифровом идентификаторе JFKON-HAB-05, Harold Brown OralHistory InterviewNo. 5, 25 June 1964, in Digital Identifier JFKON-HAB-05, JFKL, <https://www.jfklibrary.org>.

Вторая, отложенная фаза операции "Доминик" проводилась со 2 октября по 4 ноября 1962 года. В это время и Советский Союз находился в самой середине своей крупнейшей в истории серии испытаний ядерного оружия в атмосфере, которые превзошли "Доминик" по количеству (более чем вдвое больше) тестов и по максимальной мощности (четыре устройства мощностью от 19 до 25 мегатонн). Только в период кубинского ракетного кризиса (16–28 октября) Соединенные Штаты и Советский Союз провели десять испытаний, причем обе страны провели по два испытания в течении одного дня (20 и 27 октября). При этом кризис в конечном итоге не оказал заметного влияния на график испытаний операции "Доминик".

2 октября 1962 года устройство "Рябь II" было испытано в тесте "Андроскоггин" (Androscooggin, река в США). Оно состояло из первичного узла Kinglet и нового вторичного узла "Рябь II". Вес составлял 6 647,52 фунта (3015 кг) при размерах 128,5 на 56,2 дюйма (3,26 на 1,43 м). Максимальный прогнозируемый выход составлял 15–16 мегатонн.⁶¹

⁶¹ Хансен, "Мечи Армагеддона" Версия 2, стр. 406.
Hansen, *Swords of Armageddon* Version 2, p. 406.

Испытание было "провальным" - всего 63 килотонны:

*В августе и сентябре мы с Роном день и ночь работали над созданием еще более радикального ядерного устройства. Мы дополнительно оптимизировали форму импульса для достижения практически изоэнтропического сжатия топлива. 1 октября это устройство было взорвано в ходе ядерного испытания "Андроскоггин", проведенного в районе острова Джонстон в Тихом океане. Был получен небольшой процент от расчетной урожайности. Пшик! Все посчитали, что я "вырвал поражение из пасти победы".*⁶²

⁶² Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 13.
Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 13.

Наколлс взялся определить причину сбоя и начал разработку соответствующим образом модифицированного дизайна "Рябь II".

12 октября Лиланд Хауорт (Leland Haworth) написал письмо президенту с просьбой провести повторное тестирование "Рябь II":

*Уважаемый господин Президент... Наш последний анализ... дал ценную информацию для лучшего понимания этих передовых и сложных устройств. Мы считаем, что это понимание позволит нам преодолеть недостатки дизайна [удалено]. Целью этого письма является запрос вашего одобрения на повторное испытание [удалено (устройства "Рябь II")] в текущей серии на Тихом океане. Улучшенное устройство может быть готово к взрыву 31 октября. [Удалено] опыт и информация полученные в результате предыдущих испытаний будут способствовать большей уверенности, чем это было первом случае. Мы считаем, что большое значение этой концепции, которая обещает заметный прогресс в соотношении урожайности к массе мощного оружия, оправдывает ускоренную процедуру.*⁶³

⁶³ Коллекция Гленна Сиборга, NV 177415, на компакт-диске.
Glenn Seaborg Collection, NV 177415, on CD-ROM.

Между тем, 27 октября было проведено испытание "Рябь III" как тест "Келамити" (Calamity, "Бедствие").⁶⁴

⁶⁴ "Отчет командующего восьмой объединенной оперативной группой", 4 июня 1964 г., стр. ЛБ-4-1.

"Report by Commander Joint Task Force Eight," 4 June 1964, p. L-B-4-1.

Устройство "Рябь III", весом 1830 фунтов (830 кг) и размером 93 на 34,4 дюйма (2,36 на 0,87 м), было "дальнейшим физическим исследованием с целью экспериментальной проверки теоретических расчетов".⁶⁵

⁶⁵ Там же.

"Данные, полученные в ходе этого эксперимента [удалено], станут основой для новых концепций дизайна наших наиболее крупных систем межконтинентальных баллистических ракет".⁶⁶

⁶⁶ Там же.

Испытание было успешным только частично. Прогнозируемая мощность составляла три мегатонны, тогда как фактическая мощность составляла приблизительно 800 килотонн. Результат показал частичное, но далеко не полное сгорание термоядерного топлива.



Операция "Доминик" тест "Хаусатоник", "Рябь II", испытание 2 (10,0 Мт), 30 октября 1962 г.

30 октября 1962 года модифицированное устройство "Рябь II" было повторно протестировано в испытательном взрыве "Хаусатоник" (Housatonic, река в штатах Массачусетс и Коннектикут), и была последним сбросом с бомбардировщика в ходе операции "Доминик". Доработки Наколлса увенчались успехом:

*Менее чем за месяц до завершения серии испытаний я просмотрел начальные данные диагностики, распознал там свою ошибку в конструкции и разработал исправление, которое можно было быстро реализовать. Вскоре после этого было проведено весьма успешно испытание. По сравнению с июльским тестом выход увеличился вдвое.*⁶⁷

⁶⁷ Веларде и Сантамария, ред., "Ядерный синтез с инерционным удержанием", стр. 13.

Velarde and Santamaría, eds., *Inertial Confinement Nuclear Fusion*, p. 13.

Усовершенствованное устройство весило 7139 фунтов (3 238 кг), имело размеры 147,9 на 56,2 дюйма (3,76 на 1,43 м) и выдало 9,96 мегатонн (также сообщалось о 10,0 мегатоннах) и было оценено как "чистое" на 99,9 процента.⁶⁸

⁶⁸ "Отчет командующего восьмой объединенной оперативной группой", 4 июня 1964г., стр. LB-5-1-2.

"Report by Commander Joint Task Force Eight," 4 June 1964, pp. L-B-5-1-2.

Прогнозируемая максимальная урожайность все еще засекречена, но, учитывая повторное испытание, она, скорее всего, была бы не выше 15–16 мегатонн, прогнозируемых для события "Андроскоггин" (Androscooggin). Тест был признан успешным шагом в дальнейшем развитии концепции "Рябь". Пять дней спустя, 3 ноября, в Кабинете министров Белого дома было собрано заседание Совета национальной безопасности для обсуждения результатов операции "Доминик" и подготовки проекта публичного заявления, объявляющего о завершении серии испытаний.⁶⁹

⁶⁹ 4 ноября последним испытанием операции "Доминик" (и последним в истории США испытанием ядерного оружия в атмосфере) стал небольшой высотный взрыв под названием Tightrope ("Туго натянутый канат, трос").

Председатель АЕС Сиборг оставил запись о встрече в своем дневнике:

Президент открыл встречу, спросив меня, есть ли необходимость в испытаниях в атмосфере в 1963 году? Я кратко описал программу "Рябь" и сказал, что необходимы дальнейшие испытания этой концепции, прежде чем можно будет поставить ее на вооружение, и что первые такие испытания могут быть проведены в мае следующего года. Секретарь Раск сказал, что, по его мнению, мы должны сохранять максимальную гибкость в отношении возможного возобновления атмосферных испытаний и не

*делать никаких заявлений, которые исключали бы такую возможность. На основании этих фактов президент решил, что в заявлении об окончании нынешней серии атмосферных испытаний ничего не будет по вопросу о возможных испытаниях в 1963 году.*⁷⁰

⁷⁰ Офисный дневник Гленна Сиборга, суббота, 3 ноября 1962 г., NV 901423, на компакт-диске.

Glenn Seaborg Office Diary, Saturday, 3 November 1962, NV 901423, on CD-ROM.

Это последняя общедоступная запись, в которой программа "Рябь" упоминается по имени. Дневник Сиборга ясно демонстрирует, что для следующего этапа программы потребуются четыре-пять месяцев серьезного анализа данных и проектирования, поскольку базовая концепция оказалась экспериментально обоснованной. Что еще более важно, потребуются дальнейшие испытания, чтобы более полно проработать детали концепции "Рябь" и превратить ее в настоящее оружие.

Последнее советское атмосферное ядерное испытание, "чистое" устройство мощностью 24,2 мегатонны, было проведено 25 декабря 1962 года. Завершение серии атмосферных испытаний в США и СССР к концу 1962 года придало новый импульс соглашению о запрещении атмосферных испытаний после того, как первоначальное предложение в августе 1962 г. было отклонено. Следовательно, любые планы относительно дальнейших атмосферных испытаний или испытаний высоко в космосе Соединенными Штатами были либо приостановлены, либо полностью отменены. Поскольку под землей можно было безопасно тестировать только устройства с относительно низким энергетическим выделением, окончание атмосферных испытаний оставило программу "Рябь" в подвешенном состоянии.

В марте 1963 года общий обзор результатов операции "Доминик" включал обсуждение результатов программы "Рябь", хотя и не упоминал ее по имени:

*Хотя в Соединенных Штатах не проводились ядерные испытания устройств с очень высокой мощностью, были проведены испытания ряда конструкций, которые могли привести к созданию совершенно нового класса американского ядерного оружия. Это новое оружие могло иметь относительно небольшой вес и чрезвычайно высокую мощность, при этом вклад деления уменьшился до долей процента от общей мощности, что значительно уменьшило радиоактивные осадки от такого оружия. Соотношение мощности к массе нового класса оружия будет более чем вдвое больше, чем это может быть достигнуто в настоящее время при проектировании оружия очень высокой мощности с использованием ранее разработанных концепций. ... Новые боеголовки - например, 35-мегатонная боеголовка для нашей "Титан II" - на основе этих усовершенствований, можно с уверенностью сказать, могла бы быть принята на вооружение.*⁷¹

⁷¹ Сборник результатов серии ядерных испытаний в атмосфере 1962 г., стр. 3, на компакт-диске.
Summary of Results of the 1962 Atmospheric Nuclear Test Series, p. 3, on CD-ROM.

Это заявление подтверждает жизнеспособность концепции "Рябь" и предоставляет некоторые фактические цифры и ориентиры, по которым можно определить прогнозируемые характеристики устройства, воплощенного в виде оружия. С первичным узлом деления в "изначально чистой" конструкции "Рябь", устройство будет чистым примерно на 99,9%; во всех практических смыслах это устройство, по сути, устройство сугубо термоядерного синтеза. Отношение мощности взрыва к массе было бы более чем вдвое больше, чем у самого эффективного созданного высокопроизводительного оружия - собственной разработки Ливермора, трехступенчатой бомбы В-41. В-41 имел вес устройства 9300 фунтов (4 220 кг) и максимальную (суммарную) "обычную" мощность 25 мегатонн, что давало отношение выхода к массе около 6 кт/кг. ⁷²

⁷² Теодор Тейлор, физик и ядерный оружейник LASL, установил так называемый "предел Тейлора", который утверждает, что 6 кт/кг - это максимальное соотношение мощности к весу, достижимое для термоядерного оружия. К этому уровню эффективности приблизился только МК-41

Это более чем в два раза большее соотношение или примерно от 12 до 15 кт/кг, и это точно соответствует заявленной мощности от 35 до 40 мегатонн для боеголовки "Титан II". Учитывая, что тестировавшиеся устройства, по общему признанию, были достаточно упрощены по конструкции и далеко не оптимизированные, мы можем взвешенно допустить, что можно было бы достичь и еще более высоких показателей удельного энергетического выделения к весу, если бы испытания в атмосфере (или глубоком космосе?) продолжались.

В августе 1963 года Соединенные Штаты, Советский Союз и Великобритания подписали Договор о частичном запрещении испытаний (LTBT Limited Test Ban Treaty (по-русски "Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой" или "Московский Договор")), который запрещал все ядерные испытания в атмосфере, космическом пространстве или под водой. ⁷³

⁷³ Подземные испытания оставались разрешенными.

Это соглашение, цель к которой президента Кеннеди давно стремился, вступило в силу 10 октября 1963 года. Теперь, когда двери для атмосферных испытаний были закрыты, концепция "Рябь" не могла быть реализована. По словам Джона С. Фостера, тогда же была сделана последняя попытка спасти программу. Летом 1963 года он и еще несколько человек обратились к Кеннеди с предложением об ограниченных испытаниях в атмосфере и дальнем космосе, которые позволили бы

проводить лимитированное количество испытаний раз в два года. Кеннеди ответил: "Для этого уже слишком поздно".⁷⁴

⁷⁴ Джон С. Фостер-младший, телефонное интервью, 23 ноября 2011 г.
John S. Foster, Jr., phone interview, 23 November 2011.

Браун вспоминал, что Теллер - который был давним сторонником как очень мощного, так и "чистого" ядерного оружия - был среди той группы специалистов из Ливермора, кто выступал за дополнительные испытания концепции "Рябь" (поддерживая предложения Фостера). Публичный ответ президента на эту деятельность был следующим: "Есть люди, которые просто никогда не будут удовлетворены".⁷⁵

⁷⁵ Интервью Гарольда Брауна "Устная история" № 5, 25 июня 1964 г.
Harold Brown Oral History Interview No. 5, 25 June 1964.

Был еще один, дополнительный фактор, который препятствовал использованию концепции "Рябь" в качестве оружия в виде боеголовок на ракетах, а именно размер. Несмотря на необычайно легкий вес, концепция "Рябь" требовала особенно большого объема по сравнению со стандартным дизайном Теллера-Улама. Единственная межконтинентальная баллистическая ракета с необходимыми габаритами, достаточно большая по размеру, чтобы нести конструкцию на базе "Рябь", была "Титан II", и хотя этот класс ракет-носителей был относительно новым тогда, он тогда уже постепенно заменялся ракетами меньшего размера, такими как "Минетмен". Эта тенденция в сочетании со стратегией, направленной на минимизацию размера боеголовок для увеличения их численности, также сыграл свою роль в решении остановить разработку данного направления. Сиборг признал это, выступая перед комитетом Сената по международным отношениям. Пытаясь развеять опасения по поводу LTBT "Сиборг настаивал на том, что развитие не замедлится, за исключением сложного много-мегатонного ядерного оружия"⁷⁶, что является явной отсылкой на концепцию "Рябь".

⁷⁶ Терчек, Рождение Договора о запрещении ядерных испытаний, стр. 39.
Terchek, *The Making of the Test Ban Treaty*, p. 39.

С введением в действие запрета на испытания в атмосфере гуманитарные преимущества "чистого" оружия исчезли из общественного сознания, и министерство обороны незаметно свернуло планы по "очистке" своих арсеналов. Все имеющееся "чистое" термоядерное оружие было снято с вооружения, и в настоящее время всё оставшееся в арсенале оружие является "обычным".

Успех и потенциал программы "Рябь", оснащенный экспериментальной проверкой и анализом, были четко установлены. Следующие факты позволяют увидеть этот потенциал в ретроспективе. По сравнению с самой современной и мощной боеголовкой баллистической ракеты в арсенале сегодня - 475-килотонной

W-88 - концепция "Рябь" предлагает как минимум в десять раз большее отношение мощности к массе и делает ее "чистой". Концепция "Рябь" в том виде, в котором она была представлена в начале 1963 года, была в самом начале цикла разработки в качестве потенциально-возможной системы оружия. С учетом дальнейшего развития посредством тестирования и полного компьютерного анализа предсказание Теллера-Брауна о 50 мегатоннах для устройства весом 6000 фунтов (2620 кг) к 1965 году, возможно, было в пределах реально достижимого (19 кт/кг). В сегодняшней технологической среде, после почти 60 лет непрерывных исследований ICF и вычислений в петафлопсах, потенциальные выгоды, которые обещала концепция "Рябь" ошеломляют.

В нашем разговоре о том, в каком состоянии находится концепция "Рябь" сегодня, Фостер предложил мне подумать об одном применении, для которого она могла бы быть идеально подходящей: отклонение околоземных объектов (NEO - near earth object). Успех отклонения NEO ядерным зарядом прямо пропорционален мощности и весу устройства. Чем выше урожай того, тем короче возможное время упреждающего реагирования на перехват. Огромные преимущества концепции "Рябь" по удельному весу и мощности перед всем остальным тут неоспоримы. Более того, тот факт, что "Рябь" является "чистым", увеличивает его относительную эффективность, поскольку нейтроны, в больших количествах производимые реакциями синтеза, являются наиболее эффективным механизмом отклонения или разрушения NEO в космическом вакууме. Эти уникальные характеристики могут сделать концепцию "Рябь" идеальным устройством для отклонения астероидов ядерными взрывами. Будет ли этого преимущества достаточно, чтобы преодолеть проблемы, связанные с разработкой такого устройства в сегодняшнем глобальном мировом климате? В отличие от всех ядерных взрывных устройств до или после, концепция "Рябь" возникла из стремления к чистой энергии, и, возможно, вполне уместно из этого предположить, что ее наилучшее использование было бы мирным.

