

ИНЦИДЕНТ 22 СЕНТЯБРЯ 1979 ГОДА НА СПУТНИКЕ ВЕЛА: РАДИОНУКЛИДНОЕ И ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Ларс-Эрик де Геер и Кристофер Райт

АННОТАЦИЯ

В данной статье предлагается новый анализ радионуклидных и гидроакустических данных в поддержку испытания ядерного оружия малой мощности в качестве правдоподобного объяснения до сих пор спорного события 22 сентября 1979 года на спутнике Вела, в котором американский спутник Вела 6911 оптический сигнал, характерный для атмосферного ядерного взрыва над Южным Индийским или Южным Атлантическим Океаном. На основании документов, которые ранее не были широко доступными, также как недавно рассекреченными документами и письмами, в данной статье делается вывод о том, что иод-131, найденный в щитовидных железах некоторых австралийских овец, согласуется с тем, что они оказались на пути потенциального выброса радиоактивных осадков от происшедшего 22 сентября ядерного испытания малой мощности в Южном Индийском Океане. Кроме того, несколько рассекреченных писем и отчетов, в которых описываются подробности до сих пор засекреченных гидроакустических отчетов и данных, поддерживают сценарий с испытанием. Радионуклидные и гидроакустические данные, взятые вместе с анализом оптического сигнала двойной вспышки, зарегистрированной на спутнике Вела 6911, который рассматривается в сопровождающей статье 2017 года (*The 22 September 1979 Vela Incident: The Detected Double-Flash*) могут быть прослежены до источников с аналогичными пространственными и временными характеристиками, и послужить в качестве серьезного индикатора ядерного взрыва, ответственного за событие 22 сентября 1979 года на спутнике Вела.

Ларс-Эрик де Геер, отставной сотрудник оборонного исследовательского агентства, Стокгольм, Швеция, и отставной сотрудник Подготовительной комиссии организации договора по всеобъемлющему запрещению ядерных испытаний, Вена, Австрия.

Кристофер Райт, Университет Нового Южного Уэльса, Канберра, Школа физических, математических, и относящихся к окружающей среде наук, Исследовательская группа по Науке и Безопасности, Академия оборонительных сил Австралии, Канберра, Австралия.

Почтовый адрес для корреспонденции: Lars-Erik De Geer, Fladervagen 51,194 64, Upplands Vasby, Sweden.

Адрес электронной почты: ledg1945@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Сразу же после полуночи, в 00:52:43 по Всемирному координированному времени (UTC) 22 сентября 1979 года, американский разведывательный спутник, Вела 6911¹, оборудованный специальными датчиками ("бхангметрами") для регистрации двойных световых вспышек, типичных для атмосферных ядерных взрывов, принял сигнал, сильно указывающий на такое событие. На основании полученных данных, взрыв произошел где-то в Южном Атлантическом или в Южном Индийском океане; этот сигнал стал известным под несколькими названиями: "Инцидент Вела", "Событие 747", или "Сигнал тревоги 747" (*в дальнейшем будет использоваться последнее наименование, которое было присвоено данному событию в Центре применения технических средств ВВС США, где оно и было зарегистрировано; G. H. Mauth, "Alert 747," RS 1243/80/12, Sandia National Laboratories, 1 May 1980, available at nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB190 – прим. перев.*). Согласно анализу гидроакустических сигналов, обнаруженных на антенной решетке на острове Вознесения через 110 минут после вспышки, было оценено наиболее вероятное местоположение

испытания над мелководьем вблизи удаленных южноафриканских островов Принца Эдуарда на расстоянии около 2200 км к юго-востоку от Кейптауна. В течение примерно одного месяца информация со спутника оставалась секретной до того, как произошла ее утечка и 25 октября 1979 года о ней было сообщено в телепрограмме ABC TV².

Согласно документу Совета национальной безопасности, рассекреченному в 2003 году, разведывательное сообщество США 22 октября 1979 года пришло к такому выводу: "с высокой уверенностью, после интенсивного технического исследования спутниковых данных, что в ранние утренние часы 22 сентября 1979 года произошел атмосферный ядерный взрыв малой мощности". В другом документе Совета национальной безопасности от 7 января 1980 года были высказаны различные варианты того, какой должна быть публичная позиция правительства США по поводу события Велы, и один из трех вариантов был таким "подчеркнуть, что никто не может сказать, было ли событие 22 сентября ядерным или неядерным"³. Учитывая очевидное влияние на проблему нераспространения и расхождения в амплитуде второго пика между двумя независимыми датчиками на спутнике 6911⁴, в октябре 1979 года была созвана группа экспертов для оценки оригинальной двойной вспышки и возможных подтверждающих сигналов. Председателем этой группы был Джек Руина, бывший директор Управления перспективных исследований (ARPA) и в нее входило восемь авторитетных профессоров физики, инженерии и технологии, в том числе лауреат Нобелевской премии Луис Альварец, д-р Ричард Гарвин и д-р Вольфганг Пановски.

Мандат группы Руины был нацелен на то, может ли двойная вспышка иметь "естественное происхождение, возможно связанное с совпадением двух, или более, природных явлений". Вывод, сделанный в их окончательном отчете от 23 мая 1980 года, был таким, что "хотя группа и не смогла рассчитать вероятность того, что событие 22 сентября 1979 года было ядерным взрывом, на основании нашего опыта в имеющих отношение к делу научных оценках, наше коллективное суждение заключается в том, что сигнал 22 сентября, вероятно, не был ядерным взрывом"⁵. Статистические выводы в таком заключении важны, поскольку они оставляют довольно открытой возможность того, что ядерное испытание было ответственным за сигнал; один из членов группы отметил в интервью, данном через короткое время после выпуска отчета, что вероятность этого составляет примерно один к четырем⁶. Даже в таком случае, группа утверждала, что "мы рассматриваем альтернативное объяснение сигнала 22 сентября как света, отраженного от выброшенного из космического аппарата мусора, как приемлемое, но мы не настаиваем на том, что это конкретное объяснение обязательно правильно". Опять же, расстановка нюансов в тексте отчета группы важна, поскольку она предполагает, что если причиной события был не взрыв, то группа не очень хорошо представляет себе, какое явление стало причиной сигнала. В самом деле, задача группы состояла не в том, чтобы найти точное объяснение, но рассмотреть качественно возможные альтернативы ядерному взрыву.

Группа в большой степени опиралась на данные бхангметров Велы для предыдущих подтвержденных ядерных взрывов, а также на примерно 100 других оптических сигналов, для которых к тому времени не было найдено объяснения. Эти данные были предоставлены Центром технических приложений ВВС США (AFTAC), задача которого состояла в обнаружении не американских ядерных взрывов в любое время в любой точке земного шара. Ни один из не объясненных сигналов (известных, как Зоопарк Велы, или события из зоопарка Велы), не обладал световой кривой, похожей на световую кривую Сигнала тревоги 747. В частности, ни одно из не отождествленных событий не обладало первым максимумом, подобным Сигналу тревоги 747, ни по времени подъема, ни по форме импульса. Хотя у некоторых не объясненных событий был второй максимум, ни в одном случае не наблюдалось такого сходства профилей, наблюдавшегося у Сигнала тревоги 747. Другими словами, Сигнал тревоги 747 более походил на предыдущие ядерные взрывы, чем на что-либо еще⁷.

Классификация Сигнала тревоги 747 как события из зоопарка Велы служит анекдотичным свидетельством того, что группа Руины отбрасывала противоположные объяснения, высказываемые правительственными агентствами и (или) подрядчиками. Более того, группа в значительной степени отвергала подтверждающие свидетельства ядерного взрыва, в том числе и 300-страничный отчет Военно-морской исследовательской лаборатории (NRL), в котором содержался анализ гидростатической сигнатуры, временное и пространственное происхождение которой согласуется с данными оптического сигнала⁸. Отчет NRL остается засекреченным до настоящего времени. Дополнительным имеющим отношение к делу подтверждающим свидетельством могло быть возможное обнаружение короткоживущего продукта деления. Группа написала в своем отчете, что "обнаружение радиоактивных осадков может стать немедленным подтверждением ядерного события", и что "положительные результаты усилий по сбору осадков предоставят решающее доказательство ядерного взрыва". Несмотря на это, группа, по-видимому, не придавала должного

внимания потенциальным подтверждающим свидетельствам от имеющихся радионуклидным данным, которые требовали подробного анализа для того, чтобы стать полностью заслуживающими доверия.

В данной статье делается попытка совершить именно это. Она показывает, что информация по радионуклидам, и гидроакустические сигналы, отвергнутые группой Руины, сильно влияют на вывод о том, было ли событие 22 сентября ядерным испытанием. Эта статья и сопровождающая ее статья "Событие 22 сентября на спутнике Вела: обнаруженная двойная вспышка", опубликованная в 2017 году, ограничиваются техническим анализом данных⁹. Другая не техническая информация, которая может иметь отношение к делу (например, спекуляции о возможных ответственных сторонах), в них не рассматривается. Подобные заявления обычно неоднозначны, плохо документированы, или приписываются источникам, которые не могут быть независимо проверены¹⁰. Так же не рассматриваются предположения об "укрывательстве" и путанице со стороны правительства США, принижающего важность события и прилагающего непрерывные усилия для того, чтобы найти неядерные объяснения, которые могут "затемнить" вопрос. Такие предположения подробно рассматривались в других работах и они не обращают внимания на серьезные ресурсы, направленные агентствами США на поиск подтверждающих данных. В любом случае, такие заявления смогут внести свой вклад в историю только после того, как будет закончено техническое изучение для ядерного испытания¹¹.

Статья начинается с анализа йода-131, свежего продукта деления, обнаруженного в щитовидных железах забитых овец в юго-восточной Австралии. Затем представлен анализ гидроакустического исследования, предпринятого Военно-морской исследовательской лабораторией (NRL), за которым следуют некоторые краткие обзоры других возможных поддерживающих свидетельств. Статья заканчивается обсуждением и сводкой выводов. Дополнительный материал, относящийся к обнаружению йода-131, представлен в сетевом приложении¹².

ЙОД-131, ОБНАРУЖЕННЫЙ В ОВЦАХ С ЮГО-ВОСТОКА АВСТРАЛИИ

В октябре и ноябре 1979 года низкие уровни йода-131 с периодом полураспада 8,025 суток были обнаружены в щитовидных железах овец из юго-восточной Австралии. Начиная с 1958 года и по крайней мере до 1986 года щитовидные железы овец из юго-восточной Австралии, забитых в Мельбурне, регулярно проверялись на радиоактивность, в основном на присутствие йода-131. Образцы посылались д-ром Роджером Меликом (Мельбурнский университет и Королевский Мельбурнский госпиталь) примерно один раз в месяц в 1979 году и более часто во время французских атмосферных испытаний на островах Муруроа и Фангатауфа, или около них, в период с 1966 по 1974 год. Анализы проводились в Соединенных Штатах профессором Лестером Ван Миддлсуортом в университете штата Теннесси (Мемфис). К 1979 году было давно установлено, что щитовидные железы травоядных животных, и, в особенности, овец, эффективно накапливают радиоактивный йод-131 от испытаний ядерного оружия в атмосфере.

Поскольку Ван Миддлсуорт не опубликовал своих результатов по Сигналу тревоги 747, провести независимый технический анализ его результатов трудно, но не невозможно. Имеются несколько документов, в которых он описывает свою методологию, как для данного эксперимента, так и, более обще, для экспериментов в течение четырех десятилетий его исследований выпадения йода и мониторинга щитовидных желез. Некоторые из них расположены в Архиве национальной безопасности в Университете Джорджа Вашингтона (Вашингтон, округ Колумбия), и они рассекречены по запросам по Закону о свободе информации (FOIA). Другие находятся в Архиве ядерных испытаний в Лас-Вегасе, где хранятся оставшиеся статьи Ван Миддлсуорта, включая отчеты, рабочие тетради и различные заметки. Впоследствии ссылки на эти документы будут обозначаться как "LVM" с последующим текущим номером, так, как LVM-1¹³.

Процедуры Ван Миддлсуорта для наблюдения йода-131 для случая Австралии

Методология Ван Миддлсуорта определяет надежность данных октября-ноября 1979 года по щитовидным железам. По этой причине, и потому, что следует опровергнуть некоторые возражения, которые встретятся позже, эта методология детально рассматривается здесь.

Около десятка бараньих щитовидных желез вырезались на мельбурнской скотобойне и доставлялись в лабораторию, предположительно в Мельбурнском университете, где они упаковывались вместе с 5-8 граммами формальдегида и направлялись Ван Миддлсуорту в предоставляемых им контейнерах (LVM-1). На всех стадиях принимались меры предосторожности, чтобы щитовидные железы не подвергались радиоактивному заражению. После прибытия в лабораторию Ван Миддлсуорта, щитовидные железы очища-

лись от посторонних тканей, взвешивались, помещались в чашку или стакан, и гамма-излучение в диапазоне энергий от 300 до кэВ, окружающем главную линию йода-131 с энергией 364,5 кэВ, измерялось с помощью одноканального анализатора амплитуды импульса (SCA), соединенного с сцинтилляционным кристаллом йодистого натрия диаметром 5 дюймов со скважиной в 1 дюйм¹⁴. Установка была окружена свинцовой защитой толщиной в четыре дюйма. Для каждого образца проводилось по крайней мере два измерения длительностью 40-80 минут, уровень фона вычитался, и результат сравнивался с референсным раствором йода-131, измеренным с такими же экспериментальными параметрами. Любая зарегистрированная радиоактивность исправлялась за распад от даты забоя и выражалась в единицах пикоКюри на грамм (пКи/г)¹⁵.

Предел обнаружения для йода-131 обычно находился в пределах 0,05-1,00 пКи/г (2-37 мБк/г) с разбросом, во многом определяющимся различными временами пересылки по почте (LVM-1, LVM-2). Если результат будет меньше примерно 0,5 пКи/г, он рассматривается как согласующийся с фоном, в то время как результат в 0,5-1,0 пКи/г указывает на возможное присутствие собственной радиоактивности. Уровни выше 1 пКи/г рассматриваются как существенные, с 90% вероятностью того, что измеренное значение лежит в пределах $\pm 10\%$ от истинного, по крайней мере, если измерение не проводилось более, чем после двух-трех периодов полураспада йода-131 после забоя.

Когда радиоактивность, определенная одноканальным анализатором SCA, превысит 0,5 пКи/г, образец будет подвергнут многоканальной спектроскопии для подтверждения присутствия или отсутствия йода-131. Обычно используется время накопления спектра в 1000 минут (16,67 часа) с образцом, помещенным в защищенный детектор из NaI(Tl) размером 5 на 5 дюймов со скважиной диаметром 1 дюйм, соединенный с многоканальным анализатором (MCA). Этот детектор, возможно, является тем же самым, что используется для сканирования одноканальным анализатором SCA, но если и нет, то в нем используется кристалл с идентичными физико-техническими характеристиками. Для покрытия диапазона энергий гамма-квантов до 1000 кэВ используется несколько сотен каналов. Впоследствии вычитается фоновый спектр, или средний из многих фоновых спектров, измеренных при тех же экспериментальных условиях.

Ван Миддлсуорту было известно о возможных вопросах загрязнения или фона, которые могли бы привести к ложному положительному результату. Это очевидно следует из нескольких из его опубликованных работ. Например, когда низкие количества йода-131 были обнаружены в щитовидных железах уэльских овец в конце 1978 года и в 1979 году, были проведены проверки того, проходили ли любые из работников скотобойни медицинское лечение с применением йода-131, не было ли выброса йода-131 из региональных ядерных энергетических реакторов, и не был ли обнаружен йод-131 в молоке¹⁶. В других публикациях описаны обстоятельства, при которых природные радиоактивные изотопы, такие, как изотопы радия и их дочерние продукты распада, могут имитировать присутствие йода-131¹⁷. В этих случаях те же самые щитовидные железы повторно измерялись через недели или месяцы для того, чтобы определить, уменьшается ли активность, что указывает на йод-131, или она остается постоянной, что указывает на более долгоживущие изотопы из рядов урана и (или) тория. Хотя Ван Миддлсуорт иногда находил радий или его продукты распада в щитовидных железах крупного рогатого скота, он, по крайней мере до 1979 года, никогда не находил этих изотопов в барьих щитовидных железах. Все это предоставляет уверенность в том, что Ван Миддлсуорт был щепетилен в рассмотрении альтернатив для объяснения необычно повышенных результатов измерений йода-131.

Обнаружения йода-131 в юго-восточной Австралии в октябре-ноябре 1979 года

Образец щитовидной железы, взятый на мельбурнской скотобойне 22 октября 1979 года, выявил возможный сигнал йода-131 в отсчетах одноканального анализатора SCA (LVM-3). Его предполагаемая специфическая активность в день забоя, основанная на полном времени счета $7 \times 40 = 280$ минут 12 ноября 1979 года, была примерно равна $0,67 \pm 0,25$ (статическая неопределенность счета) пКи/г. Измерение было проведено через 2,6 полупериода распада после забоя из-за задержки почты из Мельбурна. Из заметок Ван Миддлсуорта в регистрационном журнале 12 ноября 1979 года можно определить, что коэффициент калибровки, использованный для основной линии йода с энергией 364,5 кэВ составлял 1,04 ($=0,67/0,644$) пикоКюри на отсчет в минуту (LVM-3, страницы 132 и 133 с поправкой на очевидную ошибку в расчетах). Коэффициент калибровки cf , выраженный в пикоКюри на отсчет в минуту, может быть также выражен через эффективность детектора e (в %) для основной гамма-линии, который для линии йода-131 с энергией 364,5 кэВ составляет e (в %) = $27 \times 100 / (60 \times 0,815 \times cf)$. Здесь 27 - это количество пикоКюри в Беккереле, 60 - количество секунд в минуте, и 0,815 количество гамма-квантов с энергией 364,5 кэВ на один распад

йода-131. Для $cf = 1,04$ это приведет к эффективности в 53%¹⁸.

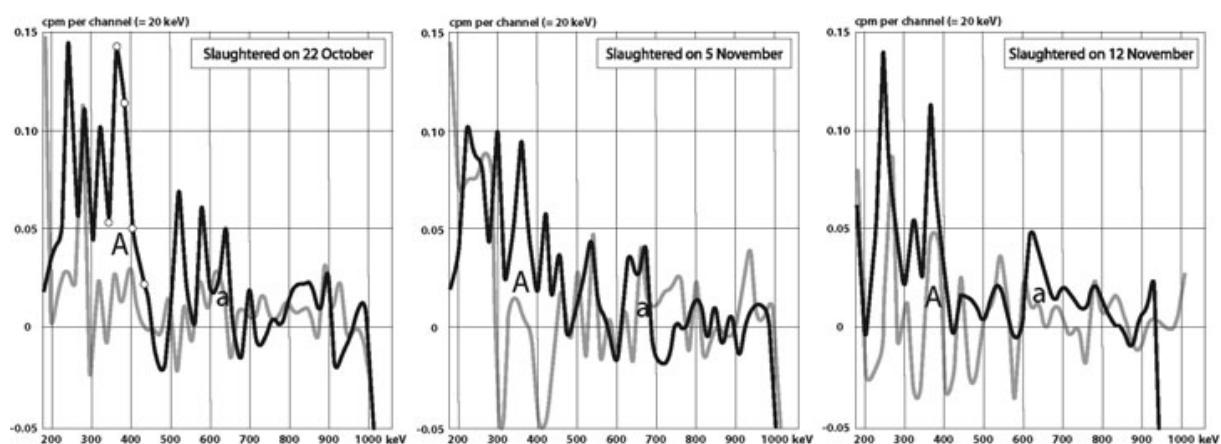


Рисунок 1. Спектры щитовидных желез овец, забитых в Мельбурне 22 октября, 5 и 12 ноября 1979 года, полученные на детекторе с кристаллом NaI(Tl). Спектры, показанные толстыми линиями, были соответственно измерены 12, 13 и 28 ноября (LVM-4, Кадры 17, 23 и 24), а спектры, показанные тонкими линиями, были измерены на тех же самых образцах девятью месяцами позже в августе 1980 года (LVM-4, Кадры 22, 27 и 25). Пики, обозначенные как А и а - это возможные пики йода-131 с энергиями 364,5 и 637,0 кэВ. Полые кружки показывают содержание сжатых каналов вблизи основного пика йода-131 в образце от 22 октября 1979 года.

Ван Миддлсуорт получил спектр гамма-лучей образца 22 октября 1979 года. Он также проанализировал два последующих образца (5 и 12 ноября 1979 года); даже в данных с одноканального анализатора SCA по этим двум образцам имелись слабые указания на присутствие йода. Три спектра, измеренные 12, 13 и 28 ноября (LVM-4), после вычета фонового спектра показаны на рисунке 1. Несмотря на задержку в доставке почты, было получено явное обнаружение йода-131 в спектре образца 22 октября 1979 года по его основной гамма-линии 364,5 кэВ (вероятность испускания 81,5%) и, с меньшей уверенностью, другой линии с энергией 637 кэВ (вероятность испускания 7,2%). Линия 364,5 кэВ, возможно, присутствует также в двух других образцах, но с меньшей амплитудой и значимостью. На рисунке 1 также показаны спектры, измеренные на тех же самых образцах девятью месяцами позже, которые эффективно показывают нулевые результаты, демонстрируя этим то, что оригинальные измерения выявили активность йода-131. Насколько нам известно, ни один из этих спектров, найденных среди бумаг Ван Миддлсуорта, хранящихся в Архиве ядерных испытаний в Лас Вегасе, не был опубликован ранее. Ширина каналов оригинальных спектров равна 2 кэВ, в то время как на рисунке 1 один "канал" соответствует сжатым в 10 раз каналам с общей шириной 20 кэВ. Длительность измерений каждого из спектров составляла 1000 минут (LVM-4).

Для усиления общего отношения сигнала к шуму в суммарных результатах были просуммированы три индивидуальных спектра; результат показан на рисунке 2 с помеченными наиболее заметными пиками. Здесь можно очевидно отметить присутствие йода-131 (364,5 кэВ и 637,0 кэВ), свинца-212 (238,6 кэВ) и, возможно, таллия-208 (583,2 кэВ). Два последних нуклида являются продуктами распада радона-220 (торона), который, вероятно, поступал в камеру для измерений из ближайших строительных материалов или из-под земли. Интерпретация этих четырех линий получает подтверждение от того факта, что линейная калибровка каналов по энергиям с их помощью была проведена с коэффициентом определенности, весьма близким к 1 (0,9999). Критическим моментом в интерпретации этого суммарного спектра является то, что при минимизации шума он предоставляет неопровержимое доказательство по основному пику 364,5 кэВ, поддержанному пиком 637,0 кэВ, что щитовидные железы содержат йод-131. Однако, шум, по видимому, является причиной того, что площадь последнего пика представляется большей, чем ожидается по площади предыдущего пика, и то, что можно считать аннигиляционным пиком с энергией 511 кэВ, появляется на энергии, на 10 кэВ большей.

Релевантные концентрации йода-131, полученные Ван Миддлсуортом из спектров, не были обнаружены в его архивных заметках. Однако, на рисунке 1 пик на энергии 364,5 кэВ может быть оценен в $0,3 \pm 0,1$ отсчета в минуту (интегрально), и с указанным выше калибровочным коэффициентом 1,04 ПКи/отсчет в минуту и с коррекцией на распад на 21 день назад до 22 октября 1979 года это будет соответствовать 1,9

$\pm 0,6$ пКи/кг в момент забоя, что примерно в три раза больше, чем оценка по данным одноканального анализатора SCA. Это не удивительно, поскольку доминирующий фон меняется со временем, возможно, из-за переменного вклада дочерних продуктов распада радона.

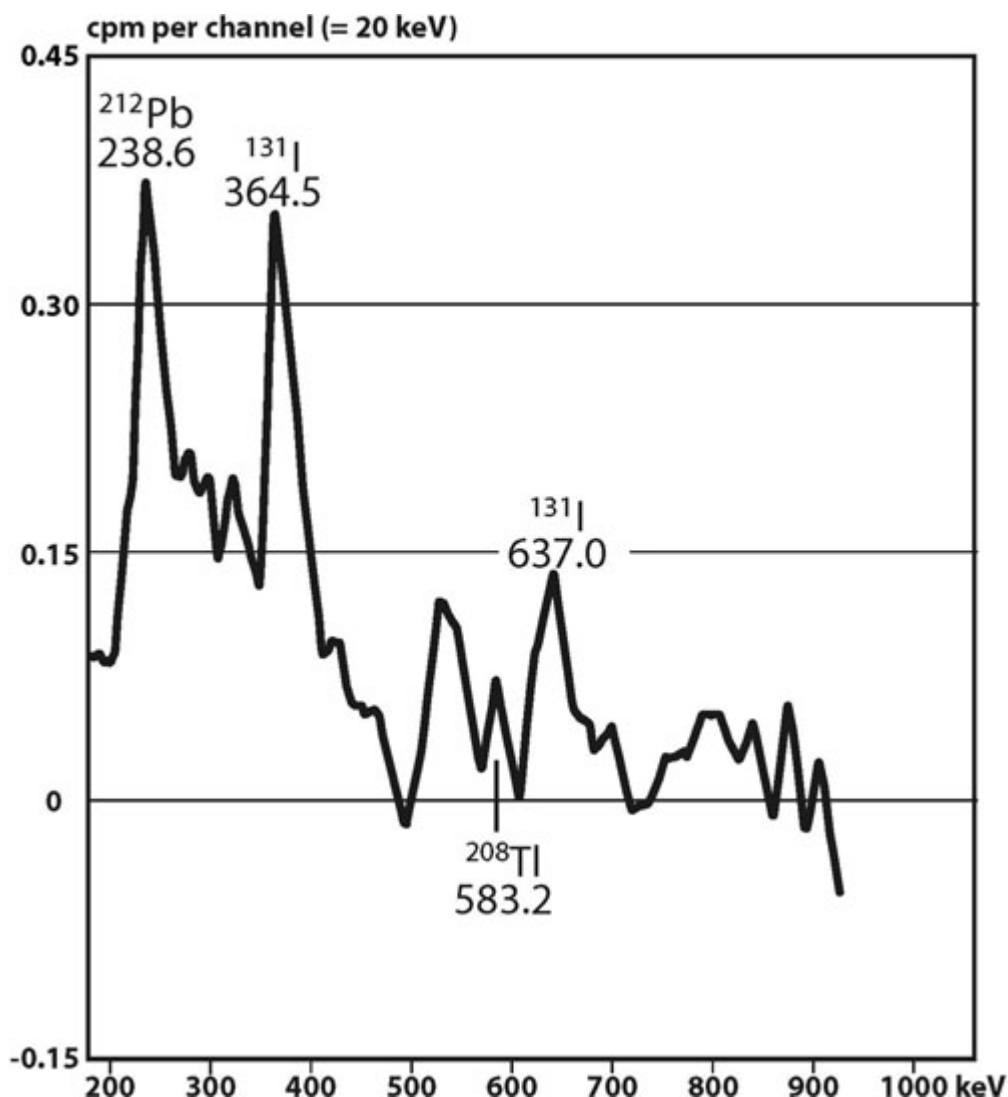


Рисунок 2. Суммированный спектр с вычтенным фоном образцов бараньих щитовидных желез от 22 октября, 5 ноября, и 12 ноября 1979 года.

Для проверки эффективности было проведено моделирование по методу Монте-Карло с помощью программы "Виртуальная лаборатория гамма-спектроскопии" (VGSL), разработанной во Временном техническом секретариате Организации Договора по всеобъемлющему запрещению ядерных испытаний в Вене¹⁹. Несмотря на то, что образец и его держатель не были подробно описаны, расчетная эффективность составила 55%, очень близко к 53% из физической калибровки²⁰.

Фоновый счет на энергии 346,5 кэВ составлял примерно 1100 отсчетов на канал шириной 20 кэВ (LVM-4, Кадр 9). Площадь пика в 300 отсчетов в четырех каналах соответствует сигналу в $300 / (\sqrt{4 \times 1000})^{1/2} = 3,2$ стандартных отклонения.

Метеорологический анализ

Если присутствие йода-131 в юго-восточной Австралии очевидно, то следующим шагом должен стать анализ наличия прямого пути метеорологической связи подозреваемого источника с местом обнаружения. Без всяких расчетов, можно ожидать, что такая корреляция существует, поскольку преимущественными ветрами в соответствующих широтах являются западные, наиболее сильные в весенний период для юж-

ного полушария и известные, как ревушие сороковые. Тем не менее, такое исследование было проведено Национальной администрацией по океану и атмосфере США (NOAA) вместе с Военно-морской исследовательской лабораторией (NRL)²¹. В этом исследовании была определена траектория возможного облака от испытания вблизи поверхности или в море рядом с островом Марион ранним утром 22 сентября 1979 года для поверхности с давлением 500 мбар (высота около 5 километров). Было обнаружено, что остаточный выброс после локального вымывания рядом с площадкой испытания, возможно, достигнет и пройдет над юго-восточной Австралией 26 сентября 1979 года (см. рисунок 3). Темным цветом выделены области выпадения осадков 26 сентября, которые могли вызвать радиоактивное заражение овечьих пастбищ. Пять миллиметров осадков в этот день на больших регионах овечьих пастбищ в Виктории, Тасмании и Новом Южном Уэльсе примечательно, поскольку мельбурнская скотобойня в основном забивает овец из этих регионов.

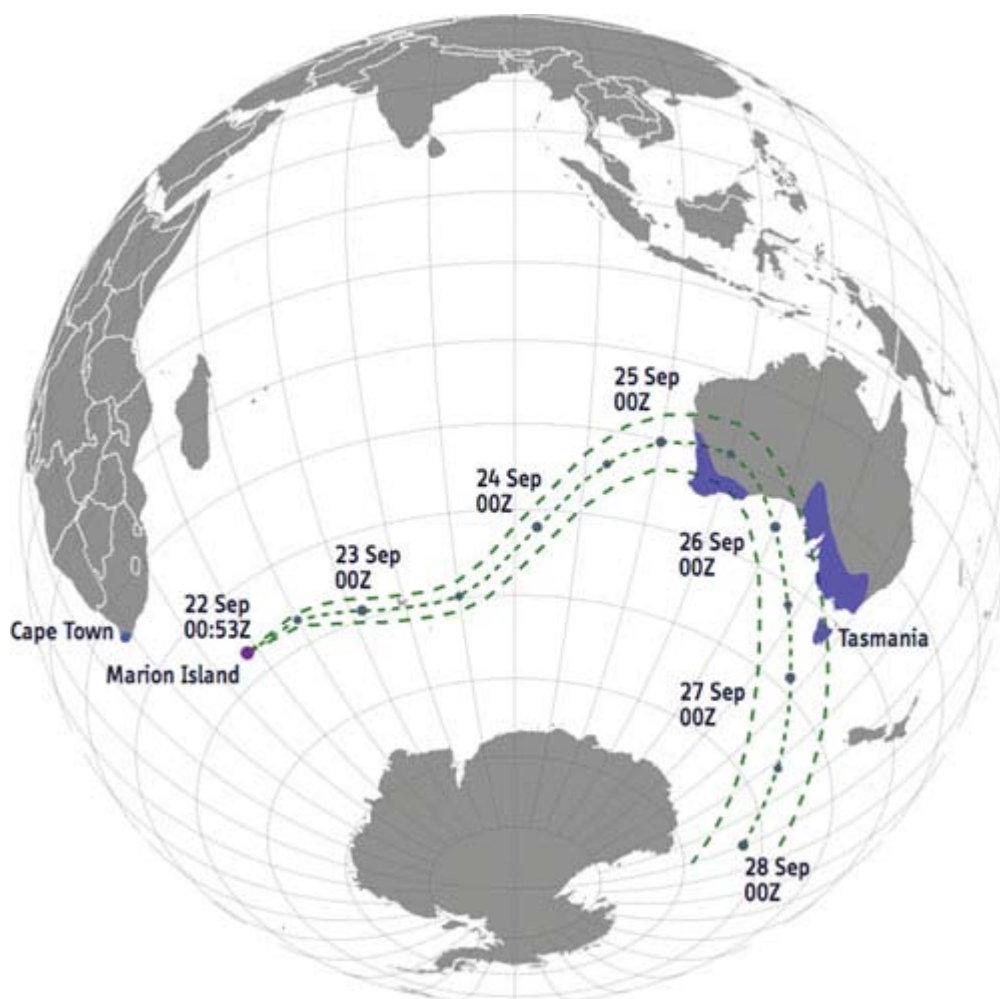


Рисунок 3. Метеорологические траектории на уровне давления в 500 мбар, начинающиеся в районе островов Марион и Принца Эдуарда (Южно-Африканская территория) на протяжении примерно 6 суток. Показаны центральная линия и две линии на уровне $\pm 1\sigma$. Темные области в Юго-Восточной Австралии показывают области, в которых во время прохождения облака выпало около 5 мм осадков, что привело к радиоактивному загрязнению пастбища, вызвавшего в свою очередь к появлению концентрации йода-131 в бараньих щитовидных железах, которая была впоследствии обнаружена в середине октября. Считается, что остров Марион был близок к точке детонации, а в Мельбурне расположена скотобойня, предоставлявшая щитовидные железы Ван Миддлсуорту.

Дополнительные подробности обнаружения йода-131 содержатся в материале сетевых приложений. В сетевом приложении А изучается возможность того, что йод-131 мог иметь гражданское происхождение, но делается вывод, что единственным реалистичным источником обнаружений йода-131 на самом деле является подозреваемый ядерный взрыв 22 сентября 1979 года. В сетевом приложении В рассматривают-

ся несколько "ложных тревог" и (или) неоднозначных обнаружений радионуклидов. Целью этого анализа является просмотр опубликованных данных по обнаружениям в южном полушарии в 1979 и 1980 годах, которые, возможно, могли бы подтвердить данные по австралийским щитовидным железам. Никаких таких данных обнаружено не было. В сетевом приложении С показано, что обнаружение йода-131 в австралийских щитовидных железах полностью согласуется с отсутствием обнаружения йода-131 на австралийской сети наблюдения за воздухом на земной поверхности в то время. В приложении С также кратко рассматриваются усилия Центра технических приложений ВВС США (AFTAC) по поиску облака.

Реакция на обнаружения йода-131 в бараньих щитовидных железах

8 декабря 2016 Архив ядерной безопасности опубликовал около 50 рассекреченных документов из архива посла Джерарда С. Смита²². В документах содержится немного технических данных, но некоторые из них проливают свет на то, когда правительство США узнало о возможном свидетельстве, подтверждающем обнаружение спутником Вела, и как оно реагировало на него. Среди рассекреченных документов первая ссылка на анализ Ван Миддлсуорта в записке, написанной для государственного секретаря Сайруса Венса или Президента Картера, датированной 19 ноября 1979 года²³. Согласно этой записке, Ван Миддлсуорт не был готов сделать вывод о том, произошел ли ядерный взрыв.

Вероятно, Ван Миддлсуорт узнал об отчете от 25 октября 1979 года о возможном ядерном взрыве 22 сентября в южном полушарии и понял, что его программа мониторинга австралийских бараньих щитовидных желез потенциально может обнаружить йод-131. Плановый октябрьский образец был взят 22 октября, но, тем не менее, Ван Миддлсуорт должен был попросить своего партнера в Австралии, д-ра Роджера Мелика в Королевском мельбурнском госпитале, предоставить дополнительный образец в начале ноября, и взять следующий месячный образец несколько раньше, чем это было запланировано. После анализа образцов от 22 октября, 5 ноября и 12 ноября 1979 года Ван Миддлсуорт не был готов сделать вывод о присутствии любого количества йода-131 в этих образцах, написав "моим первым впечатлением было то, что мы не наблюдали йод-131 в этих бараньих щитовидных железах" (LVM-5). Такой вывод, вероятно, относился к его прошлому опыту обнаружения очень высоких уровней йода-131 в бараньих щитовидных железах в диапазоне 100-1000 пКи/г после французских ядерных испытаний в конце 1960-х – начале 1970-х годов (LVM-1). Вывод об отсутствии обнаружения привел к формулировке в записке для Президента и Государственного секретаря о то, что анализ (наиболее вероятно сделанный на основе измерений образца от 22 октября) "не выявил никакой аномальной радиоактивности".

Другой документ показывает, что в феврале 1980 года Ван Миддлсуорт повторно измерил образцы октября и ноября 1979 года и сравнил оригинальные измерения с измерениями соответствующих составившихся образцов. В этот момент он полностью изменил свои взгляды и пришел к выводу, что фактически были довольно ясные сигналы от йода-131 в образцах щитовидных желез в октябре-ноябре 1979 года (LVM-5). Затем он написал "наше свидетельство показало, что высока вероятность того, что йод-131 сначала присутствовал, а затем распался". Далее он заметил, что вероятность ложного положительного сигнала меньше 0,1%, что показывает, что суммарный сигнал на 3,3 стандартных отклонения превышает уровень фона.

В том же самом документе (LVM-5) Ван Миддлсуорт рассказывает, как его "посетили представители Центра технических приложений ВВС США (AFTAC) и данные были представлены специальному комитету в здании аппарата Белого Дома". Предположительно к посетителям из Центра технических приложений ВВС США (AFTAC) присоединилась по крайней мере часть группы Руины, а упомянутый им специальный комитет был группой Руины. В своих мемуарах Вольфганг Панофски, директор Стэнфордского центра линейного ускорителя и член этой группы, написал: "Занимательный инцидент произошел на финансируемой Министерством энергетики исследовательской установке, которая исследовала бараньи щитовидные железы из Новой Зеландии (???)..." и "... когда мы посетили эту исследовательскую установку, мы увидели, что детектор, используемый для анализа спектра бараньих щитовидных желез был совершенно не защищен, и далее нам сказали, что увеличение скорости счета может быть связано не только с загрязненными образцами, но и может быть также связано с пакетами посетителей!"²⁴.

Это неверно. Ван Миддлсуорт описывает свой детектор как защищенный кристалл NaI(Tl) размером 5 x 5 дюймов со скважиной для образца диаметром 1 дюйм, и все окружено свинцовой защитой толщиной 4 дюйма. Детектор с пустой скважиной регистрирует скорость фонового счета примерно 0,3 отсчета в секунду, что на 3-4 порядка величины меньше, чем ожидаемая скорость счета для незащищенного кристалла NaI(Tl) размером 5 x 5 дюймов. Д -р Панофски перепутал большой незащищенный детектор из йодистого

натрия в лаборатории, предупреждающий о появлении занесенной комнату отсчетов неожиданной радиоактивности, с детектором, используемым для измерения щитовидных желез.

Нобелевский лауреат Луис Альварец, другой член группы Руины, продемонстрировал похожее отсутствие желаний оценивать все возможные подтверждающие свидетельства, когда он писал о работе группы Руины в своей биографии 1987 года: "На наших брифингах в Оборонном разведывательном агентстве (DIA) нам представляли подтверждающие доказательства от дикого набора датчиков: радиоактивных австралийских бараньих щитовидных желез, анализа ионосферных ветров на радиотелескопе, записей с военно-морских ультразвуковых детекторов для обнаружения подводных лодок, которые предположительно точно локализовали их по картине отражения звука от заливов и мысов побережья Антарктиды, и мы быстро отвергали их"²⁵.

Рассекреченная версия доклада Руины была опубликована 17 июля 1980 года. В отношении обнаружений Ван Миддлсуорта и анализов Военно-морской исследовательской лаборатории (NRL) выводы доклада таковы: "Поиск ядерных осадков и геофизических свидетельств, которые могли бы поддержать гипотезу о том, что ядерный взрыв был источником события 22 сентября 1979 года, до сих пор позволил получить только неоднозначные данные или данные на уровне шума. На текущую дату не имеется никаких убедительных доказательств, подтверждающих то, что 22 сентября 1979 года произошел ядерный взрыв." После появления отчета Ван Миддлсуорт повторил свои измерения в августе 1980 года для того, чтобы подтвердить, что на энергиях, близких к энергиям пиков йода-131, долгоживущих сигналов не было (см. рисунок 1). В письме, полученном 25 сентября 1980 года, Ван Миддлсуорт написал о своих анализах и соображениях директору Военно-морской исследовательской лаборатории (NRL) по исследованиям, д-ру Алану Берману, одному из тех, кто энергично протестовал против игнорирования группой Руины возможных подтверждающих свидетельств²⁶. После этого Д-р Берман попросил Кейта Марлоу, руководителя отделения радиационной живучести и детектирования радиации Военно-морской исследовательской лаборатории (NRL), рассмотреть эти данные. Выводы Марлоу и его группы были такими, что по крайней мере образец от 22 октября 1979 года содержал йод-131 на уровне, в пять раз превышающем стандартное отклонение флуктуаций фона, и что "Данные д-ра Ван Миддлсуорта представляют собой положительное свидетельство в пользу предположения о том, что австралийские овцы проглатывали продукт деления йод-131 в октябре 1979 года"²⁷.

Два важных приложения были удалены: оригинальное письмо от Ван Миддлсуорта к д-ру Берману и внутреннее рассмотрение группы д-ра Марлоу. Африканская активистская организация "Образовательный фонд Африки" заявила в своем докладе 1985 года, что авторам доклада удалось увидеть приложения Ван Миддлсуорта и Марлоу на основании запросов по Закону о свободе информации (FOIA). Копии этого анализа получить не удалось, несмотря на запросы по Закону о свободе информации²⁸.

В тот же день, когда д-р Берман получил корреспонденцию Ван Миддлсуорта, Ван Миддлсуорт также направил ответ д-ру Харальду Беку из Лаборатории измерений окружающей среды (EML) Министерства энергетики в Нью-Йорке²⁹. Ван Миддлсуорт, очевидно, контактировал с этой лабораторией ранее, и д-р Бек рассмотрел измерения Ван Миддлсуорта и пришел к выводу, что Лаборатория измерений окружающей среды (EML) не может поддержать обнаружения йода-131. Д-р Бек повторил свои соображения 2 октября 1980 года, когда он снова повторил, что имеется риск того, что сигналы могут быть связаны с продуктами распада радона-222³⁰. 8 Декабря 1980 года в письме к Джону Маркуму Бек выразил свои сомнения, что указывает на то, что ранее он был вызван в качестве эксперта группой Руины, и, следовательно, объясняет, почему Ван Миддлсуорт контактировал с д-ром Беком после опубликования окончательного отчета группы³¹. Главным вопросом в обсуждениях между Ван Миддлсуортом, Беком и Марлоу в течение зимы 1980-81 годов была статистическая значимость гамма-пика йода-131 на энергии 364,5 кэВ. Ван Миддлсуорт первоначально заявлял о 6 стандартных отклонениях (σ) над фоном, Марлоу – о 5 σ , и Бек – об 1 σ . Часть обсуждения касалась измерений фона, которые Ван Миддлсуорт использовал в своем анализе: средние по примерно 20 сеансам, распределенным по году, или одиночный сеанс, близкий к действительным измерениям щитовидных желез. После прояснения некоторого непонимания, в феврале 1981 года все трое согласились на величине 3,1 σ ³². Эта величина хорошо согласуется с приведенным выше анализом, в котором было получено 3,2 σ на основании фона 1100 отсчетов в канале, ширине зоны интереса в 4 канала и суммарном сигнале около 300 отсчетов.

ГИДРОАКУСТИКА

Воздушный ядерный взрыв потенциально сопровождается намного более многочисленными и сильными подтверждающими сигналами, чем подземный ядерный взрыв (UNE). Помимо радиоактивных осадков, не исчерпывающий перечень включает: электромагнитный импульс (EMP); акустические гравитационные и инфразвуковые волны, где взрыв непосредственно взаимодействует с атмосферой; сейсмические, или гидроакустические волны, если взрыв производится на высоте, достаточно малой для того, чтобы он непосредственно взаимодействовал с поверхностью; последующие сейсмические волны (Т-волны), где гидроакустическая волна распространяется на землю, и перемещающиеся ионосферные возмущения (TIDs)³³.

Многое из этого перечня, если не все, пытались найти после Сигнала тревоги 747 с переменной степенью успеха, как это вкратце обсуждается в последующем разделе³⁴. Пожалуй, наиболее сильным подтверждающим свидетельством было обнаружение гидроакустических волн датчиками американской Системы локализации удара ракет (MILS) и (или) сети Системы звукового наблюдения (SOSUS), подробно проанализированное группой из 75 специалистов из Военно-морской исследовательской лаборатории (NRL)³⁵. Отчет объемом в несколько сотен страниц был направлен в Белый Дом 30 июня 1980 года. Этот отчет до сих пор остается засекреченным и только поверхностно обсуждается в многочисленных публикациях по сигналу со спутника Вела. Тем не менее, несколько специфических выводов было подытожено в рассекреченном письме от директора Военно-морской исследовательской лаборатории по исследованиям (NRLRD) Алана Бермана в Исполнительное управление Президента, Офис научной и технической политики (OSTP) от 11 декабря 1980 года (впоследствии именуемое как NRLRD-80)³⁶. Это письмо было послано после презентации Военно-морской исследовательской лаборатории перед группой Руины 3 декабря 1980 года, и, похоже, оно является последующей реакцией на то, что директор Берман воспринимал как непонимание и (или) путаницу членами группы в отношении результатов Военно-морской исследовательской лаборатории.

Полезность гидроакустических наблюдений

Гидроакустические наблюдения должны быть эффективным средством обнаружения ядерных взрывов ниже, на и даже над поверхностью океана (в определенных пределах). Сильным подтверждением эффективности гидроакустического мониторинга является тот факт, что Международная система мониторинга (IMS) Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний использует только шесть гидрофонных станций (плюс еще пять сейсмических станций Т-фазы на удаленных островах), при том, что океаны покрывают 71% поверхности Земли³⁷. Это следует сравнить со 170 сейсмическими станциями (50 первичными и 120 вспомогательными), распределенными по континентам, 80 радионуклидными станциями и 40 инфразвуковыми станциями.

Гидроакустические наблюдения являются мощным средством мониторинга, потому что звуковые волны могут распространяться в океане на тысячи километров с относительно малым ослаблением через то, что называют звукометрическим каналом (SOFAR). Скорость звука в океане зависит от температуры воды, давления и солёности, и поэтому изменяется с глубиной. Существование звукометрического канала (SOFAR) является следствием этого изменения. Уменьшаясь с увеличением глубины от поверхности на протяжении нескольких сотен метров, величина акустической скорости обращает свое поведение и начинает возрастать с увеличением глубины. Глубина, на которой происходит обращение изменения скорости, т.е., где скорость минимальна, называется осью звукового канала, и она определяет распространение по звукометрическому каналу (SOFAR). Звуки, издаваемые источником, расположенном на оси, обычно на глубине 700 – 1300 м, будут следовать по путям, которые преломляются по направлению к оси³⁸.

Звукометрический канал (SOFAR) эффективно является волноводом, так что значительная часть акустической энергии сосредоточена в плоскости минимальной скорости, и не подвержена отражениям от поверхности океана, или от дна, что может привести к ослаблению. Поэтому потери в звукометрическом канале (SOFAR) относительно малы, и возможны очень большие дальности обнаружения, до 10000 км, или более, даже для относительно слабых взрывов, как это было продемонстрировано в многих исследованиях³⁹. Хорошим примером служит обнаружение взрывов зарядов, эквивалентных 34 кг тротила, взорванных даже не в звуковом канале, а на значительно меньшей глубине в 60 м, на расстоянии в 16300 км от восточного берега Японии до станции Международной системы мониторинга (IMS) "Хуан Фернандес" у берегов Чили⁴⁰.

Гидроакустические обнаружения, потенциально связанные с Событием 747

Согласно документу NRLRD-80, в 02:43:00 по Всеобщему скоординированному времени (UTC) 22 сентября с отношением сигнала к шуму более 300, три широкополосных гидрофона вблизи острова Вознесения, входящие в Систему локализации удара ракет (MILS), детектировали сигналы, указывающие на "большой импульсный выброс энергии, который связал акустическую энергию с Южно-Атлантическим глубоким звуковым каналом", часто называемым SOFAR⁴¹. Временная последовательность сигналов на трех гидрофонах позволила определить направление на источник 198 ± 10 градусов, т.е. на юг-юго-запад. На основании опыта с французскими ядерными испытаниями на Тихом океане, дисперсия сигналов указывала на длину пути до острова Вознесения примерно в 10000 км ⁴². При скорости распространения в $1,5 \text{ км/с}$, стандартной величине для гидроакустических сигналов, распространяющемся по звукометрическому каналу SOFAR, время образования сигнала будет примерно равно 00:52:00 UTC, исключительно близко к времени сигнала события Вела.

В дополнение к обнаружению на острове Вознесения, согласно недавно появившемуся в сети документу, датированному 17 июня 1980 года, сигнал был обнаружен также на установке Системы звукового наблюдения (SOSUS) в Арджентиа, Ньюфаундленд⁴³. Это согласуется с несколькими другими документами, в которых упоминалось исследование Военно-Морской исследовательской лаборатории, включая доклад группы Руины; тем, не менее, вторая площадка никогда ранее не идентифицировалась⁴⁴. К сожалению, точные подробности сигналов на двух площадках остаются неизвестными. Согласно документу от 17 мая 1980 года, сигнал на острове Вознесения пришел прямо от источника, а сигнал в Арджентиа был получен после отражения от антарктического побережья⁴⁵. Информация в документе NRLRD-80, в особенности, азимут и путь распространения, показывает, что на острове Вознесения также должен быть получен и отраженный сигнал, так что эта станция обнаружила и прямой, и отраженный сигналы⁴⁶. Для последнего сигнала, с упомянутыми выше азимутом и расстоянием распространения, если источник находился где-то около островов Принца Эдуарда и Марион (или PE&M), соответствующей областью отражения будет Южный Сэндвичев хребет, часть подводного восточного хребта Скотия, с азимутом 189 градусов от острова Вознесения⁴⁷. Этот сценарий показан на рисунке 4⁴⁸.

Тонкая структура гидроакустических сигналов от французских ядерных испытаний, проходивших сравнимые расстояния (9500 км , предположительно до Гуама), была повторена в данных с острова Вознесения. Эта тонкая структура характерна для "взрыве на, около, или в воде на $10\text{-}20$ метров выше тонкого осадочного слоя, перекрывающего базальт". Тонкая структура, упомянутая в письме как "частота линии", возможно, указывает на наличие пиков на $7,5$ и 12 Гц в гидроакустическом спектре двух французских атмосферных ядерных испытаний⁴⁹. Они могут быть идентифицированы с испытаниями Dragon и Licorne 30 мая и 3 июля 1970 года на высоте 500 м над уровнем моря с мощностью 945 кт и 914 кт соответственно на атоллах Фангатауфа и Муруроа⁵⁰.

В течение нескольких лет д-р Берман строго стоял в защиту своих результатов, даже утверждал, что анализ был использован им самим для идентификации взрыва во времени и месте события 1979 года⁵¹. Он непоколебимо утверждал, что характеристики данных согласуются с наблюдениями французских ядерных испытаний в южном Тихом океане, несомненно "уникальными для ядерных взрывов в морской окружающей среде"⁵². Продолжающаяся секретность отчета Военно-морской исследовательской лаборатории делает полностью независимое суждение невозможным, но даже в этом случае, помещая обнаружения в контекст гидроакустических сигналов от известных ядерных испытаний и других взрывов, в следующем разделе будет рассматриваться работа Военно-морской исследовательской лаборатории и отклик группы Руины. В следующих разделах изучаются аспекты обнаруженных сигналов, не представленные в документе NRLRD-80, или в нескольких других статьях, ссылающихся на работу Военно-морской исследовательской лаборатории. Они включают дискриминацию сигнала от взрыва и взаимодействие акустической энергии с океаном, и, впоследствии со звукометрическим каналом SOFAR. После этого будут вкратце рассмотрены другие потенциально поддерживающие данные, а также логистика проведения ядерного испытания на островах Принца Эдуарда и Марион.

Сравнение оценок гидроакустических данных по Сигналу тревоги 747 группой Руины и Военно-морской исследовательской лабораторией

Гидроакустический анализ Военно-морской исследовательской лаборатории представляет сильное

поддерживающее свидетельство того, что источником Сигнала тревоги 747 является взрыв. Сигналы были обнаружены тремя гидрофонами Системы локализации удара ракет (MILS) и Системы звукового наблюдения (SOSUS) в Арджентиа⁵³. Для оценки расстояния и азимута источника сигнала Военно-морская исследовательская лаборатория использовала хорошо обоснованные методы, которые продолжают применяться на практике и сегодня. Например, временная задержка между гидрофонами, которая позволяет определить направление на источник (или азимут), предположительно определялась кросс-корреляцией каждой пары гидрофонов на острове Вознесения⁵⁴. Это подтверждается заявлением в NRLRD-80 "попарными, статистически значимыми кросс-корреляционными коэффициентами для всех возможных комбинаций пар"⁵⁵. Оценка дальности производилась по временной дисперсии моментов прихода по различным путям и по хорошо известным отношениям между продолжительностью сигнала и расстоянием. И, наконец, на рассматриваемых здесь больших расстояниях, и учитывая то, что звукометрический канал SOFAR фактически является волноводом, к нему применимо цилиндрическое, а не сферическое уменьшение энергии сигнала с расстоянием⁵⁶. Таким образом, отклонение гидроакустического свидетельства группой Руины сильно контрастирует с мнением экспертов Военно-морской исследовательской лаборатории.



Рисунок 4. Траектории для двух сигналов, обнаруженных гидрофонами к югу от острова Вознесения. Отражение от подводного восточного хребта Скотия с группой из семи островов на длине дуги в 380 км хорошо соответствует информации, приведенной в NRLRD-80.

Хотя опубликованная литература по гидроакустическим обнаружениям ядерных испытаний, проведенных на поверхности, или над поверхностью, ограничена, следующее обсуждение предоставляет независимую техническую оценку. Насколько известно авторам, было опубликовано только две статьи с данными, одна для двух французских атмосферных взрывов в южном Тихом океане, и другая – для двух американских испытаний на баржах в серии "Хардтак" на Маршалловых островах⁵⁷. Последние испытания

можно отождествить с взрывом "Холли" 20 мая 1958 года, мощностью 5,9 кт, и с взрывом "Магнолия" 26 мая 1958 года, мощностью 57 кт; оба испытания были проведены на атолле Эниветок. Гидроакустические волны должны были возникнуть и в других случаях, включая испытания мегатонного уровня с высотой взрыва 1500-4300 км во время операции "Доминик" на острове Рождества в 1962 году, но они были вместо этого зарегистрированы по Т-волнам на расстоянии 2300 км в Папеезе (взрывы "Ринконада", "Блюстоун", "Сансет" и "Памлико")⁵⁸.

Группа Руины описывает гидроакустические считывания от предполагаемого Сигнала тревоги 747 как "слабые сигналы" и предполагает, что они "всего лишь на несколько децибел превышали фоновый шум". С другой стороны, Военно-морская исследовательская лаборатория заявляет, что их отношение сигнала к шуму равнялось 25 децибел, или 317 к 1, и они мгновенно выявлялись при визуальной инспекции записей. Аналогичное отношение сигнала к шуму в приблизительно 20 децибел сообщалось для небольшого случайного подводного взрыва, происшедшего в 175 км к юго-востоку от Нью-Йорка на глубине менее 100 м. Зарегистрированная на расстоянии примерно в 8000 км гидроакустическими датчиками Международной системы мониторинга (IMS) на острове Вознесения, спектрограмма показывает очевидную и ясно видимую структуру⁵⁹. Кроме того, группа Руины критиковала метод Военно-морской исследовательской лаборатории для извлечения сигнала, в особенности процесс фильтрации, для которого, как они предполагали, используется центральная частота в 16 Гц и ширина полосы в 1 Гц. Но в документе NRLRD-80 заявляется, что использовалась полоса $12,5 \pm 1,5$ Гц, что согласуется с тем, что наблюдалось для других ядерных испытаниях на атоллах Мурура и Эниветок⁶⁰.

Директора по исследованиям Военно-морской исследовательской лаборатории Бермана цитируют, как сказавшего, что это был самый сильный гидроакустический импульс, который он когда либо видел, сравнимый только с ядерными испытаниями на Тихом океане⁶¹. В документе NRLRD-80 сигнал описывается как гораздо более сильный, 25 децибел против 13 децибел над уровнем фона, чем от подтвержденного французского взрыва в 35-40 кт на сравнимом расстоянии. При масштабировании акустического выхода взрыва согласно закону кубического корня, эти кажущиеся 12 децибел реально увеличиваются до примерно 15 децибел, в предположении мощностей взрыва в 2 кт и 35-40 кт для Сигнала тревоги 747 и французского взрыва, соответственно. Это различие между двумя взрывами объяснялось тем, что, вероятно, французский взрыв большей мощности был воздушным взрывом на высоте в несколько сотен метров, а для события 747 предполагался взрыв на значительно меньшей высоте (или даже на поверхности).

Между группой Руины и Военно-морской исследовательской лабораторией имеется несогласие в отношении гидроакустического фона, или, по крайней мере, его уровня и интерпретации. По площадке, на которой делались записи (не идентифицированной как остров Вознесения или Аргентия), группа заявила, что было обнаружено 176 сигналов над уровнем фона в течение периода в 156 часов (6,5 суток), предположительно относящихся ко всему, что превышает 3 стандартных отклонения. Напротив, Военно-морская исследовательская лаборатория отметила, что для острова Вознесения они просмотрели период от 30 суток до 30 суток после предполагаемого Сигнала тревоги 747, и не обнаружили никакого другого сигнала с аналогичными характеристиками. Они включали: i) обнаружения на всех трех гидрофонах с пределах ограничений по времени прохождения для покрытия спутниками Вела, ii) статистически значимые кросс-корреляции для всех пар гидрофонов, iii) продолжительность от 8 до 32 секунд, iv) согласующуюся "структуру линии" (вероятно, означающую частотный спектр), и v) отношение сигнала к шуму $SNR > 22$ децибел в полосе частот $12,5 \pm 1,5$ Гц на всех трех гидрофонах.

Если принимать это расхождение по уровню сигнала и фона буквально, оно представляет собой серьезное расхождение между двумя группами. Кажется, что они ссылались на два полностью различных набора данных и анализов, и не удивительно, что они пришли к различным выводам⁶². Но почему? Одной возможной причиной может быть то, что две группы ссылались на два различных местоположения, в которых принимались гидроакустические сигналы. Группа Руины могла ссылаться на Аргентию. Будучи намного ближе к населенным центрам на восточном берегу Северной Америки, а также, вероятно, и к маршрутам движения судов, Аргентия потенциально является гидроакустически более шумной, чем более изолированный остров Вознесения. Более длинный путь сигнала, по сравнению с островом Вознесения, также предполагает, что сигнал должен быть слабее. Если это был прямой сигнал вдоль дуги большого круга, он должен был встретить несколько батиметрических (и, следовательно, поглощающих) структур между источником и приемником⁶³. От островов Принца Эдуарда и Марион и в порядке увеличения расстояния они включают континентальный край африканского материка вблизи мыса Доброй Надежды, Китовый хребет с несколькими подводными горами, поднимающимися до нескольких сотен метров от поверхности, и снова африканский континентальный край в его самой западной части⁶⁴. На соответствующих широтах Китового

хребта ось звукометрического канала SOFAR находится на глубине 900-1000 м, так что подводные горы пересекают его⁶⁵. Это предпочтительно ослабляет более многочисленные аксиальные лучи, и приводит поэтому к ослаблению сигнала на приемной станции.

Альтернативно, две группы могли рассматривать одну и ту же приемную станцию, но различные пути сигналов, т.е. на острове Вознесения прямые и отраженные сигналы для группы Руина и для Военно-морской исследовательской лаборатории, соответственно. В литературе по случаю Велы отмечается, что такие сигналы обладают разной интенсивностью. В одной статье цитируется, что сотрудник персонала Белого Дома заявил, что данные состоят из двух сигналов, "одного слабого, который пришел первым, и затем более сильного"⁶⁶. В предположении, что они пришли из одного источника, "первый сигнал должен быть прямым сигналом, а второй отраженным". Другими словами, отраженный сигнал был сильнее прямого, и, согласно тому же самому источнику, "математический анализ базировался на втором сигнале". Это вызвало сомнения в общей надежности данных и анализа Военно-морской исследовательской лаборатории.

Но это не является необычной ситуацией в гидроакустике. Отраженные сигналы содержат ту же самую структуру, как временную (продолжительность), так и спектральную (частота), как и прямой сигнал, и они могут обладать похожими амплитудами⁶⁷. На самом деле отраженные сигналы увеличивают покрытие гидрофонной сети Международной системы мониторинга (IMS), в том числе и от Антарктики, по тем районам Земли, которые могут оказаться в тени одной, или более, из шести станций⁶⁸. Разрешение этой проблемы различающихся сигналов прямого и отраженного прихода на остров Вознесения можно попытаться найти из беседы между Директором по исследованиям Военно-морской исследовательской лаборатории Берманом и журналистом⁶⁹. Было отмечено, что вдоль прямого пути, предположительно от островов Принца Эдуарда и Марион, сигнал встретит рассеивающие и (или) блокирующие батиметрические особенности. Расчеты Военно-морской исследовательской лаборатории могли предсказать ожидаемое поведение, принимая во внимание соответствующие времена прихода сигналов и относительные амплитуды. Хотя они и не были указаны, в порядке возрастающего расстояния от островов Принца Эдуарда и Марион рассеивающими или блокирующими структурами могли предположительно быть подводная гора Вема, Китовый хребет, остров Святой Елены, и даже Средне-Атлантический хребет к юго-востоку от острова Вознесения⁷⁰. В особенности следует отметить подводную гору Вема, поскольку она расположена на дуге большого круга между островами Принца Эдуарда и Марион и островом Вознесения и поднимается до нескольких десятков метров под поверхностью океана. Она наиболее определенно пересекает ось звукометрического канала SOFAR и должна быть существенной причиной поглощения.

Распознавание гидроакустического сигнала от Сигнала тревоги 747

Одним из вопросов, не затронутых в документе NRLRD-80, является идентификация сигнала на острове Вознесения как взрыва, по своей природе отличающегося от нескольких других возможных источников, включая подводное землетрясение или извержение вулкана, или даже движение льда в Антарктике. Из описания сигнала как представляющего "большое импульсное высвобождение энергии", такая работа по дискриминации была произведена почти несомненно. Термин "импульсное" предполагает внезапное появление сигнала, согласующееся с предыдущими данными по французским и американским взрывам и ожиданиями от расчетов⁷¹. Кроме того, в документе NRLRD-80 настоятельно предполагается, хотя и не заявляется явным образом, что предполагаемый сигнал Вела характеризуется малой длительностью, возможно, в интервале от 8 до 32 секунд, что также согласуется с предыдущими данными⁷². Вероятно, что дальнейшая дискриминация была целенаправленным процессом.

Острова Принца Эдуарда и Марион, около которых произошел подозреваемый ядерный взрыв, имеют вулканическое происхождение. Тем не менее, первое извержение в письменной истории острова Марион произошло между февралем и октябрём 1980 года, обнаруженное только по новому лавовому полю, а не по любому взрыву или землетрясению⁷³. Оно произошло только через 6 месяцев после события 747, и возможно, некая предшествующая подземная или подводная активность впоследствии привела к извержению. Но в литературе не было найдено никаких свидетельств о любых таких наблюдениях в регионе в течение этого времени. Другие вулканические системы в близлежащих регионах наблюдались гидроакустическими методами, включая разлом в Китовом хребте к западу от Южной Африки⁷⁴. Однако, потенциальные сигналы от них не удовлетворяют критериям по длине пути и азимуту предполагаемого сигнала Вела. Аналогичное соображение, по крайней мере для длины пути, применимо к нескольким активным вулканам вблизи антарктического полуострова, таким, как остров Обмана.

Свойства сигнала, обнаруженного Военно-морской исследовательской лабораторией, почти определенно не характерны для вулканической активности. Наблюдаемые частоты в спектре вулканических извержений обычно ниже 10 Гц, в диапазоне от 4 до 12 Гц⁷⁵. Возможно, более существенно то, что в отличие от ядерного взрыва, сигналы подводных вулканов, так же, как и сигналы подводных землетрясений, обычно имеют большую длительность, и (или) появляются в группах, обнаруживаемых в течение часов или дней⁷⁶. Сигналы подводных вулканов могут также содержать структуру обертонов, указывающую на резонансы в канале от магматической камеры до выходного отверстия, и проявлять пузырьковую сигнатуру импульса, подобную наблюдающейся при подводном взрыве⁷⁷.

В бюллетене событий Международного сейсмологического центра (ISC) отмечены только два землетрясения внутри радиуса 7,5 градусов от островов Принца Эдуарда и Марион за месяц до события 747 и после него, с магнитудой объемной волны 4,4 и 4,7, 29 сентября и 16 октября 1979 года, соответственно⁷⁸. Но гидроакустические сигналы могут быть обнаружены от подводных и прибрежных землетрясений с гораздо меньшей магнитудой, например, 2,0. Такое землетрясение в удаленном районе, вероятно, не сможет быть обнаружено обычными наземными сейсмическими сетями⁷⁹. Но даже если оно произойдет и соединит свою энергию с подводным звуковым каналом, то его продолжительность и развитие сигнала, вероятно, будут более длительными, чем у взрыва, и поэтому будут легко дискриминированы.

Айсберги могут генерировать звуки в океане посредством многочисленных механизмов, которые включают столкновения (удары, скрежет), отрывы от массива льда, разломы (треск) и трение о морское дно⁸⁰. Они характеризуются относительно большой длительностью от десятков секунд до десятков минут, диапазоном частот от нескольких герц до по крайней мере 100 Гц (включая монохроматичность, которая может флуктуировать в течение одиночной последовательности излучения), и присутствием обертонов. Гидроакустические сигнатуры айсбергов могут быть хорошо дискриминированы от взрывов. Кроме того, учитывая их большое количество, айсберги, вероятно, образуют источник фонового шума, и будет маловероятно, чтобы они генерировали такой большой сигнал, какой был обнаружен на острове Вознесения, и предположительно произошел от события 747. Фон является сезонным, и для острова Вознесения он будет проявлять низкую активность в периоде между августом и октябрём, охватывающим момент события 747⁸¹.

Внедрение акустической энергии Сигнала тревоги 747 в океан

Последний вопрос, не затронутый в документе NRLRD-80, и, возможно, наиболее важный в контексте возможного ядерного испытания, относится к механизму, с помощью которого взрыв внедряет акустическую энергию в звукометрический канал SOFAR. Базируясь на структуре "частоты линии" и ее схожести с французскими взрывами в Тихом океане, авторы пришли к выводу, что взрыв произошел на мелководье глубиной от 10 до 20 м, "подстилаемом осадочными отложениями на скальном (базальтовом) основании." На первый взгляд, этот сценарий несет в себе несколько потенциальных проблем, включая трудности поиска такой окружающей среды в предполагаемом местоположении взрыва, или даже в любом соседнем месте.

Поверхностный взгляд на атоллы Муруроа и (или) Фангатауфа, над которыми Франция проводила атмосферные испытания, показывает, как сильно они отличаются от островов Принца Эдуарда и Марион (или, несомненно, острова Кларенса, также упоминаемого в документе NRLRD-80). Оба тихоокеанских атолла окружают внутреннюю лагуну размером около 20 км x 10 км (8 км x 6 км), с относительно узким главным проходом в океан, около 4,5 км (0,1 км) шириной и до 9 м (8 м) глубиной для Муруроа (Фангатауфа), и многочисленными другими, но более узкими проходами⁸². Средние глубины лагун равны 33 м (с максимумом до 55 м) для Муруроа и 15 м (с максимумом до 45 м) для Фангатауфа. Аналогичными свойствами обладают атоллы Энвевек и Бикини.

Гидроакустические сигналы от французских атмосферных ядерных взрывов и от американских ядерных взрывах на баржах внутри тихоокеанских атоллов, рассмотренные в литературе, по оценкам, были Т-фазами. Другими словами, они не возбуждались прямым соединением воздушной ударной волны из атмосферы в воду, а затем и в глубокий звукометрический канал SOFAR. Вместо этого предполагалось, что сигналы от французских взрывов возникали, когда энергия взрыва преломлялась в лагуну атолла под критическим углом, затем преломлялась в сам атолл в форме волны сжатия (P), которая озвучивала звукометрический канал SOFAR, когда сейсмические волны ударяли по нему⁸³. Для американских взрывов предполагалось, что энергия сначала непосредственно проникает в твердую землю (т.е., в атолл), затем входит в океан на границе земли и воды, и затем активизирует звукометрический канал SOFAR после много-

кратных отражений между поверхностью океана и наклоненным книзу дном⁸⁴.

Следствием этих рассуждений является то, что энергия взрыва передается через три границы, между воздухом и водой, водой и землей, и землей и водой, и преобразуется из акустической в упругую, и затем из упругой в акустическую. Возможно, что некоторые из свойств детектируемого вдоль траектории сигнала будут изменяться между намеченными выше сценариями взаимодействия. Например, хотя преобладающая полоса частот, в общих чертах разделенная на низкие (1-25 Гц) и высокие (25-50 Гц) частоты, вероятно, изменяться не будет, не исключено, что форма спектра внутри полос, может быть, будет изменяться. Механизм взаимодействия предполагаемого взрыва события Вела с подводным звуковым каналом вполне может отличаться от французских и американских случаев. Хотя все эти местоположения представляют собой вулканические обнажения, острова Принца Эдуарда и Марион могут рассматриваться как более молодые версии тихоокеанских атоллов. Дно океана с крутым наклоном, поднимающееся из глубины около 3000 м, во многом похоже на тихоокеанские атоллы. Но относительно мелкое плато глубиной 50-200 м между островами шириной приблизительно 20 км трудно рассматривать как лагуну⁸⁵. Следовательно, использовать французские тихоокеанские взрывы в качестве образца, как это делалось в документе NRLRD-80, может не быть полностью подходящим⁸⁶. Как бы то ни было, вне зависимости от точного характера процесса взаимодействия, представляется, что гидроакустический сигнал от атмосферного взрыва должен иметь внезапное резкое начало, короткую продолжительность, и относительно низкочастотное содержание (мало энергии за пределами 20-30 Гц), что продемонстрировано как наблюдениями, так и расчетами⁸⁷.

Литература по взаимодействию атмосферного взрыва со звукометрическим каналом SOFAR немногочисленна, а то, что имеется, довольно кратко. Но, как отмечалось выше, вопрос о точном механизме взаимодействия может не оказаться проблемой, как это было продемонстрировано в серии расчетов для взрыва мощностью в 1 кт, проведенного в, на, или над глубокой водой⁸⁸. Эти вычисления показали, что, несмотря на то, что энергия, передаваемая в глубокий океан, быстро уменьшается для взрывов около поверхности, или над ней (по сравнению с подповерхностными взрывами), остающаяся энергия все еще достаточна для легко обнаруживаемой гидроакустической сигнатуры. Она может быть выделена по короткой продолжительности и сравнительно низкочастотному содержанию (с максимумом около 5 Гц на расстоянии в 10 км), что согласуется предполагаемым сигналом Вела на острове Вознесения. Например, даже высота взрыва в 50 м будет эквивалентна взрыву в 10-50 кг на оси звукометрического канала SOFAR. Аналогичный случай применим к такому взрыву над крутым наклонным дном. С другой стороны, для взрыва, проведенного над плоским дном на глубине 200 м передача энергии сокращается примерно на порядок величины. Эти модельные расчеты были проведены для профиля скорости звука в океане на средних широтах, хотя для более южного предполагаемого расположения события 747 он вполне может отличаться, т.е. более мелким расположением оси звукометрического канала SOFAR. В самом деле, на широте островов Принца Эдуарда и Марион глубина оси звукометрического канала SOFAR может составлять 200 м или даже меньше, и в таком случае возможно, что озвучивание звукометрического канала SOFAR будет более эффективным, чем предполагают вычисления⁸⁹.

Бейч и др. сделали аналогичное предположение о спектральном характере и продолжительности для ядерного взрыва около поверхности океана⁹⁰. В этом случае гипотетический взрыв, как кажется, был подстроен к характеристикам Сигнала тревоги 747. Бейч и др. рассчитали гидроакустическую сигнатуру для дальности 6600 км, что примечательно, для расстояния между островами Принца Эдуарда и Марион и островом Вознесения, для ядерного взрыва в 1 кт на поверхности глубокого океана, с профилем скорости звука для Южной Атлантики. Были включены два механизма передачи энергии взрыва в океан, а именно доминирующее индуцированное воздушной волной давление, нагружающее поверхность, плюс прямая передача тепловой энергии в воду. Было обнаружено, что наблюдаемый спектр практически полностью определяется свойствами источника, в то время как продолжительность определяется распространением, т.е. характеристиками пути перемещения⁹¹.

Было обнаружено, что частота максимума спектра для этой мощности взрыва в 1 кт приблизительно равна 22 Гц, а для других мощностей пиковая частота меняется обратно пропорционально кубическому корню из мощности. Авторы отчета упоминают два французских воздушных взрыва (хотя и не идентифицируют их даты), но они не уверены в том, можно ли провести аналогию между этими двумя взрывами высокой мощности и большой высотой взрыва и их моделированием взрыва малой мощности вблизи поверхности. Тем не менее, они отмечают, что их вычисления как частотного содержания сигнала, так и его продолжительности согласуются с французскими данными. Два упомянутых ранее американских взрыва на баржах могут быть более соответствующими, а широкополосные спектры были опубликованы для

взрыва "Магнолия" мощностью 57 кт⁹². Пиковая частота примерно в 6-7 Гц для самого глубокого гидрофона, который зарегистрировал самый большой сигнал, согласуется с предсказанным масштабированием по кубическому корню⁹³.

Формы расчетного и наблюдаемого частотного спектра очень похожи, без явной тонкой структуры. Они также в целом согласуются с независимыми моделированиями, в которых в амплитуде проявлялся широкий пик, но на каждой стороне от пика она резко уменьшалась⁹⁴. В распределении, рассчитанном для расстояния в 10 км для взрыва в 1 кт на высоте 50 м, однако, содержатся пики и провалы, хотя и не особенно резкие. Для обоих случаев наклонного и плоского дна океана пик появляется на частоте примерно 12,5 Гц, которая использовалась Военно-морской исследовательской лабораторией для сигнала от события 747, в то время как в случае глубокой воды вместо этого на частоте 12,5 Гц располагается неглубокий провал (пик перемещается к 15 Гц, но после корректировки для взрыва мощностью 2-3 кт по формуле кубического корня возвращается примерно к 12 Гц).

Для всех трех модельных расчетов большая часть энергии содержится в частотном интервале 2,5-10 Гц, что не использовалось Военно-морской исследовательской лабораторией в ее анализе. Но подобные соображения также требуют принимать во внимание частотный отклик гидрофонов и (или) доминирующую частоту источников шума. В документе NRLRD-80 отмечается, что внешний шум на частоте 10 Гц примерно равен 70 дБ по отношению к уровню 1 микропаскаля, и быстро возрастает ниже 8 Гц из-за поверхностных волн и выше 18 Гц из-за акустических сигналов, издаваемых морскими млекопитающими. Эти данные продолжают подтверждаться наблюдениями⁹⁵. Например, верхний предел почти очевидно является ссылкой на голосовые сигналы финвалов и голубых китов⁹⁶.

ДРУГИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ИЛИ ИМЕЮЩИЕ ОТНОШЕНИЕ ДАННЫЕ

Существуют и некоторые другие потенциально подтверждающие данные для Сигнала тревоги 747, но у них либо нет достаточного качества и (или) уникальности для того, чтобы рассматриваться в качестве определяющего доказательства ядерного взрыва. К ним относится наблюдавшееся в Антарктике необычные полярные сияния, и так называемое событие высыпания электронов, обнаруженное метеорологическим спутником TIROS-N⁹⁷. Каждый тип этих событий мог быть последствием электромагнитного импульса (EMP) от поверхностного ядерного взрыва. Наблюдение на спутнике TIROS-N было в конце концов приписано природным явлениям. Хотя оно в целом совпадало по времени с сигналом Вела, оно не было достаточно одновременным, чтобы связать его с Сигналом тревоги 747.

С другой стороны, внезапное повышение яркости полярного сияния, наблюдавшееся на японской антарктической исследовательской станции "Сиова", находящейся почти точно к югу от островов Принца Эдуарда и Марион, произошло одновременно с сигналом Вела с точностью до нескольких секунд. Пусть не обязательно уникально, но считалось правдоподобным, что эти два события могли быть связаны. Более того, и в связи с критикой группы Руина, в весьма подробном рассмотрении всех геофизических данных, не было обнаружено ничего, что конфликтовало бы с событием ядерного взрыва⁹⁸.

Другим возможным подтверждающим наблюдением было движущееся ионосферное возмущение, обнаруженное на радиотелескопе Аресибо в Пуэрто-Рико, которое обладало правильной скоростью и двигалось в правильном направлении, и шансы случайного появления которого составляли всего 1 к 50⁹⁹. Ответственные ученые никогда не заявляли, что это событие однозначно связано с Сигналом тревоги 747, и Военно-морская исследовательская лаборатория также отвергло идею о том, что эти два события имели отношение друг к другу¹⁰⁰.

Необычное доказательство относится к данным по ионозонду, описанным в меморандуме от 23 июля 1980 года Директору Военно-морской исследовательской лаборатории Берману от его руководителя отдела ионосферных эффектов отделения космической науки¹⁰¹. Так называемый "bite-out", или понижение концентрации электронов в ионосфере, было обнаружено в данных ионозонда на острове Марион, начавшееся между 00:45:00 и 01:00:00 UTC 22 сентября 1979 года (что охватывает момент появления события 747), и продолжавшееся до 02:30:00 UTC, но не наблюдалось в данных из Йоганнесбурга, острова Кергелен, или Грэмстауна (Южная Африка). Несмотря на то, что данные описывались как "исключительно плохого качества", понижение концентрации характеризовалось как "довольно замечательная аномалия", которая наблюдалась ранее вслед за ядерными взрывами малой мощности, проводившимися вблизи поверхности.

Учитывая удаленное расположение, в котором, как полагают, произошло событие Сигнала тревоги 747, на самом деле неудивительно что данные, подтверждающие оптическую вспышку, уровни йода-131 и

гидроакустическое обнаружение, трудно найти. Событие произошло почти сорок лет назад, когда было меньше обсерваторий с датчиками, способными обнаружить событие, и чувствительность также была менее высокой. Даже сейчас уровень мониторинга в южном Индийском океане хуже, чем в других регионах¹⁰².

Возможно, учитывая время, прошедшее с момента Сигнала тревоги 747, новую информацию можно будет получить, просматривая наборы данных 1979 года и более новые сведения. В отношении природных событий, которые могли бы имитировать поверхностный ядерный взрыв, сейчас доступна лучшая статистика, такая, как времена, местоположения, сила и количество. Кроме того, свежий взгляд на каждый возможный (гражданский) набор данных с использованием более сложных алгоритмов и программного обеспечения, может быть, принесет новое понимание. Тем не менее, нет гарантии, что оригинальные данные сохранились в удобном формате, поскольку многое, возможно, было записано на аналоговом оборудовании, и (или) сохранялось на магнитной ленте. Все это может оказаться не восстанавливаемым, если только оно не было заархивировано в современном формате. Только для того, чтобы сделать анализ возможным, потребуются значительные затраты времени и ресурсов.

ЛОГИСТИКА ЯДЕРНОГО ИСПЫТАНИЯ ВБЛИЗИ ОСТРОВОВ ПРИНЦА ЭДУАРДА И МАРИОН

Лагуны атоллов, таких, как Мурура, представляют собой логичные местоположения для проведения ядерных испытаний, поскольку они защищены от открытого океана. Если не будет влиять иное, то выбор времени испытаний будет менее зависеть от погодных условий, хотя скорость и направление ветра важны для предсказания выпадения радиоактивных осадков. Они также предоставляют устойчивую платформу, что важно для диагностического оборудования, безопасности персонала, и защиты устройства.

Воды вокруг островов Принца Эдуарда и Марион не предоставляли ни одного из этих преимуществ. Здесь нет удобной гавани. Более того, 22 сентября 1979 года к этим островам приближался шторм, в одном из сообщений сообщается об условиях циклона, и, вероятно, на море было сильное волнение. Проведение контролируемого эксперимента в ревущих сороковых представляло серьезный вызов для логистики.



Рисунок 5. Острова Принца Эдуарда и Марион с севера. Два отмеченных пункта испытаний отмечают места, которые наиболее благоприятны для того, чтобы избежать наблюдения взрыва персоналом исследовательской станции. Ближайший к острову Марион пункт испытания находится в 23 км за пиком State President Swart высотой 1230 м, а ближайший к острову Принца Эдуарда пункт испытания находится в 32 км за пиком Van Zinderen Bakker высотой 672 м (Google Earth).

На острове Марион находился персонал гражданской метеорологической обсерватории и биологической исследовательской станции на северо-восточной стороне острова. Во время события на острове находились двенадцать ученых и техников. Как можно видеть из рисунка 5, в окрестностях островов есть

только два места, в которых можно провести небольшой ядерный взрыв незаметно для персонала станции: вне юго-западной части острова Марион за вулканом высотой 1200 м, или к северу от острова Принца Эдуарда за 600-метровым вулканом на этом острове¹⁰³. У побережья обеих площадок находится около 1,5 км мелководья. Расстояния до станции несколько превышают 20 и 30 км, соответственно. Это предположительно экранирует станцию от большей части света и звука от взрыва. Местное время на группе островов на 3 часа больше всемирного времени, и большая часть персонала в 3:53 спала. В это время до рассвета оставалось 2 часа 24 минуты, и если кто-то проснулся от возможных проявлений взрыва, то он предположительно принял их за гром и молнию, поскольку в окрестностях наблюдался сильный шторм¹⁰⁴. Конечно, взрыв мог произойти за десятки километров от островов, чтобы предотвратить для персонала станции всякую возможность увидеть или услышать взрыв. Оптическая вспышка Вела 6911, йод в щитовидных железах овец из юго-восточной Австралии, и гидроакустические данные с острова Вознесения все еще будут согласовываться друг с другом при такой неопределенности в местоположении события.

Наконец, если Сигнал тревоги 1979 года был связан с ядерным испытанием, то те, кто отвечал за него, очень хорошо подготовились к выбору места и времени, которые сделали обнаружение исключительно трудным. Если оно не было ядерным испытанием, и вместо этого принадлежало к событиям из зоопарка Вела, то факт, что единственное уникально подобное ядерному взрыву событие из зоопарка Вела могло быть прослежено до такого удаленного местоположения, весьма примечателен.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Посредством следовательского анализа соответствующих данных по радионуклидам и гидроакустическим данным данная статья существенно усилила аргументы в пользу того, что Сигнал тревоги 747 от 22 сентября 1979 года, известный также как инцидент Вела, фактически является ядерным взрывом. Основные технические результаты можно подытожить следующим образом.

Заявление профессора Лестера Ван Миддлсуорта о детектировании йода-131 в щитовидных железах овец из юго-восточной Австралии, забитых в конце октября и начале ноября 1979 года было подтверждено и усилено. Эти овцы паслись в районе, попавшем под дождь 26 сентября 1979 года, когда проходил выброс с потенциальной площадки взрыва в окрестностях островов Принца Эдуарда и Марион. Здесь были впервые опубликованы три спектра различных образцов щитовидных желез овец, забитых в три разные даты. Эти спектры показывают две сигнатуры эмиссионных линий гамма-лучей йода-131.

Концентрации в воздухе, соответствующие концентрациям в щитовидных железах, намного ниже порога обнаружения двух авиационных систем наблюдения радионуклидных частиц, работавших тогда в Австралии и Новой Зеландии. Следовательно, они не могли увидеть никакого йода-131 в относящемся к делу временном окне. Очень низкая концентрация в облаке, движущемся над южной Австралией, согласуется с ядерным взрывом малой мощности вблизи поверхности океана, где выброшенная вода вместе с осадками из штормового циклона, который в это время проходил над островами, вынудили основную часть радиоактивных осадков выпасть с дождем близко к району события.

На двух площадках был обнаружен явный гидроакустический сигнал. Свойства сигнала соответствовали взрывному источнику и были похожими на сигналы от французских ядерных испытаний на их испытательных полигонах на тихоокеанских атоллах. Оценки показали, что сигналы образовались в то же самое время и в месте, согласующемся с местом, определенным по регистрации вспышки на спутнике Вела. Кроме того, время и местоположение согласуются с распространением от подозреваемого источника и обнаружением в Австралии продукта деления, йода-131.

Аргументы за то, что ядерный взрыв ответственен за Сигнал тревоги 747 22 сентября 1979 года, теперь поддерживаются тремя основными положениями, которые включают первоначальный оптический сигнал, подтверждение йодом-131, и гидроакустический сигнал. Каждый из них, даже взятый сам по себе, является серьезным индикатором ядерного взрыва. Действительно, аналитики ранее утверждали, что оптические и гидроакустические сигналы являются определяющими индикаторами ядерного испытания, в то время как обнаружения йода-131 предоставляют надежное и достоверное подтверждение события ядерного деления незадолго до проглатывания пасущейся овцой. Все три набора данных характеризуются высоким отношением сигнала к шуму и могут быть прослежены в обратном направлении до похожих пространственных и временных параметров происхождения, даже с точностью до нескольких минут для оптического и гидроакустических сигналов. Если бы эти явления не имели общей причины, это было бы маловероятным совпадением.

Эти выводы противоречат заключениям группы Руины, которая пришла к такому выводу, что "сигнал,

вероятно, не был вызван ядерным взрывом", на основании отсутствия "убедительного подтверждающего доказательства", и, обращая особое внимание на двойную вспышку, на небольшую разницу оптических сигналов, измеренных двумя независимыми бхангметрами на борту одного и того же спутника Вела. Это различие наблюдалось только во втором импульсе временной истории, и у него есть другое правдоподобное объяснение. С другой стороны, первый импульс полностью согласовывался с показаниями обеих датчиков и с предыдущими ядерными испытаниями, но не согласовывался с набором из нескольких сотен необъясненных сигналов, обнаруженных на спутниках Вела, а после того и другими спутниковыми бхангметрами, к которым, как предположила группа Руины, и принадлежал Сигнал тревоги 747. Группа преждевременно отвергла гидроакустические данные и их анализ, который предоставил убедительное подтверждение сценария ядерного взрыва. Кроме того, хотя это и не было специально указано в рассекреченном письменном отчете группы, в замечаниях, сделанных впоследствии некоторыми членами группы, были неверно отвергнуты данные по йоду-131 и их последствия.

Данный независимый анализ базируется на документации, которая стала доступной только в течение последнего десятилетия; однако, важный гидроакустический отчет Военно-морской исследовательской лаборатории до сих пор остается секретным. Анализ демонстрирует необходимость открытого доступа к необходимым техническим гидроакустическим данным. В частности, такие данные будут полезны для укрепления Международной системы мониторинга, ассоциированной с Договором о всеобъемлющем запрещении испытаний ядерного оружия.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим д-ра Джона Тэйлора из Университета Нового Южного Уэльса в Канберре за советы по гидроакустике. Мы также благодарим Габриэль Хаво, Кейти Вуд и Файну Мартинец-Майерс за помощь в доступе к записям Королевского госпиталя в Мельбурне, Мельбурнского университета, и Архива ядерных испытаний. И, наконец, это исследование не было бы возможным без документов, содержащихся в Архиве национальной безопасности в Университете Джорджа Вашингтона.

ПРИМЕЧАНИЯ И ССЫЛКИ

1. Всего было запущено шесть пар спутников Вела. Спутники назывались как Вела 1А, 1В, 2А, 2В, 6А, 6В или, альтернативно, Вела 1, 2, ...12. Вела 6911 поэтому может называться как Вела 5В или Вела 10. Два спутника двигались по орбите в диаметрально противоположном положении для того, чтобы оптимизировать их общее поле зрения. Только на спутниках Вела 7-12, попарно запущенных 28 апреля 1968 года, 23 мая 1969 года, и 8 апреля 1970 года, были установлены направленные на Землю бхангметры.
2. John Scali, ABC News, 25 October 1979, после брифинга с контактными сотрудниками Пентагона. Nuclear Weapons Archive. Carey Sublette, Report on the 1979 Vela Incident.
3. Christine Dodson, Staff Secretary at the National Security Council, "Memorandum for the Secretary of State and others on the South Atlantic Nuclear Event," (22 October 1979), National Security Archive Electronic Briefing Book No. 190 (2006); Christine Dodson, Staff Secretary at the National Security Council, "Discussion paper for the mini-SCC meeting on January 9 on the September 22 event in the South Atlantic" (7 January 1980), National Security Archive Electronic Briefing Book No. 190 (2006).
4. Christopher M. Wright, and Lars-Erik De Geer, "The 22 September 1979 Vela Incident: The Detected Double-Flash," *Science & Global Security* 25 (2017): 95-124.
5. Jack Ruina et al., "Ad Hoc Panel Report on The September 22 Event," Executive Office of the President, OSTP (17 July 1980). Рассекреченная (отредактированная) версия доступна по адресу nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB190/09.pdf. Не отредактированная версия, изданная 17 июля 1980 года, доступная по адресу fas.org/rlg/800717-vela.pdf.
6. Eliot Marshall, "Debate Continues on the Bomb That Wasn't," *Science* 209 (1980): 572-573.
7. Christopher M. Wright, and Lars-Erik De Geer, "The 22 September 1979 Vela Incident: The Detected Double-Flash." (ссылка 4)
8. Leonard Weiss, "Israel's 1979 Nuclear Test and the U.S Cover-Up," *Middle East Policy Council* 18 (2011): 83-85.
9. Christopher M. Wright, and Lars-Erik De Geer, "The 22 September 1979 Vela Incident: The Detected Double-Flash." (ссылка 4)

10. Richard Rhodes, *The Twilight of the Bombs* (New York: Random House, 2010); Sasha Polakaw-Suransky, *The Unspoken Alliance: Israel's Secret Relationship with Apartheid South Africa* (New York: Pantheon Books, 2010); Jeffrey Richelson, *Spying on the Bomb* (New York: W. W. Norton & Company, 2006); Seymour M. Hersh, *The Samson Option: Israel, America and the Bomb* (New York: Random House, 1991); J. D. L. Moore, *South Africa and Nuclear Proliferation: South Africa's Nuclear Capabilities and Intentions in the Context of International Non-Proliferation Policies* (Palgrave Macmillan, 2014); Ronald W. Walters, *South Africa and the Bomb: Responsibility and Deterrence* (Lexington, Mass: Lexington Books, 1987).
11. Leonard Weiss, "Flash from the Past: Why an Apparent Israeli Nuclear Test in 1979 Matters Today," *Bulletin of the Atomic Scientists* (8 September 2015), thebulletin.org/flash-past-why-apparent-israeli-nuclear-test-1979-matter-today8734; Leonard Weiss, "The Vela Event of 1979 (or the Israeli Nuclear Test of 1979)," Proceedings from The Historical Dimensions of South Africa's Nuclear Weapons Program," Intundia Game Lodge, Pretoria, South Africa, 9-11 December 2012, cisac.fsi.stanford.edu; Leonard Weiss, "The 1979 South Atlantic Flash: The Case for an Israeli Nuclear Test," in H. Sokolski (ed.), *Nuclear Proliferation: Moving Beyond Pretense: Preliminary Findings of NPEC's Project on Nuclear Nonproliferation Policy* (Washington, D.C: Nonproliferation Policy Education Center, 2012) 117-140, www.npolicy.org; Leonard Weiss, "Israel's 1979 Nuclear Test and the U.S. Cover-Up," *Middle East Policy* 18 (2011) 83-95.
12. Сетевые приложения А, В, & С, "Событие 22 сентября на спутнике Вела: радионуклидные и гидроакустические свидетельства в пользу ядерного взрыва" http://scienceandglobalsecurity.org/archive/sgs26degeer_app.pdf.
13. В Архиве ядерных испытаний в Лас-Вегасе, где хранятся оставшиеся статьи Ван Миддлсуорта, доступны следующие документы. Они обозначаются в тексте как LVM-х, где х – текущий номер, указывающий на номер доступа в квадратных скобках. Они включают: LVM-1 "World-Wide 131-I Fallout in Animal Thyroids, 1954-1987" [350399]; LVM-2 "Studies in Iodine Metabolism, 1980" [350420]; LVM-3 "#9 LEDGER 1975-1979" [350201]; LVM-4 "Sheep & Goats, Australia, NaI(Tl) spectra 1979" [350440], including Slaughter 22 October 1979 and counting 12 Nov 1979: Frame 9 (2 keV/ch), Slaughter 22 October 1979 and counting 12 November 1979: Frame 17 (20 keV/ch), Slaughter 22 October 1979 and counting 4 August 1980: Frame (20 keV/ch), Slaughter 5 November 1979 and counting 13 November 1979: Frame (20 keV/ch), Slaughter 5 November 1979 and counting 18 August 1980: Frame 27 (20 keV/ch), Slaughter 12 November 1979 and counting 28 November 1979: Frame (20 keV/ch), Slaughter 12 November 1979 and counting August 1980: Frame 25 (20 keV/ch); LVM 5 "Studies in Iodine Metabolism-33 Year Summary 1948-1979 with Appendix 1979-1982." [350453].
14. Диаметр старого кристалла, использовавшегося в 1960-х годах, был меньше и равнялся 2 дюймам.
15. L. Van Middlesworth, "Long-life Radioactivity in Occasional Thyroids," *Nature* 203 (1964): 200-201; R. Melick and L. Van Middlesworth, "Radioiodine Fallout in Australian Sheep," *The Medical Journal of Australia* (12 November 1966): 930-932; L. Van Middlesworth, "Radioiodine in the Biosphere During 1968," *Nature* 221 (1969): 1041-1042; R. Melick and L. Van Middlesworth, "Radioiodine in Animal Thyroid Glands from 1966-1972," *Medical Journal of Australia* (2 March 1974): 298-301; L. Van Middlesworth, "Radioiodine I-131 in Animal Thyroids during Nuclear Tests in Both Hemispheres," *Health Physics* 29 (1975): 861-863; L. Van Middlesworth, "Small Quantities of I-131 in Thyroids of Sheep from Wales," *Health Physics* 40 (1981): 525-527.
16. L. Van Middlesworth, "Small Quantities of I-131 in 930 Thyroids of Sheep from Wales." (ссылка 15)
17. Long-life Radioactivity in Occasional Thyroids (ссылка 15); L. Van Middlesworth, P. Correa, R. W. Perkins, and A. T. Keane, "Radium Isotope Accumulation in Animal Thyroids," *Science* 151 (1966): 453-454.
18. Отметим, что ни гамма-кванты с энергией 364,5 кэВ, ни гамма-кванты с энергией 637,0 кэВ не подвержены эффектам суммирования при истинных совпадениях, которые могут быть существенными для скважинных детекторов для многих других нуклидов.
19. R. Plenteda, "A Monte Carlo Based Virtual Gamma Spectrometry Laboratory," PhD Thesis, Universitätsbibliothek der Technischen Universität Wien, Austria (2002); Lars-Erik De Geer, "VGSL, The Virtual Gamma Spectrometry Laboratory," Presentation at the ICRM Gamma Spectroscopy Meeting, Paris, 23 February 2009, www.nucleide.org/ICRM_GSWG/Workshop_2009/WS_2009_Presentations.htm.
20. Источник аппроксимировался параформальдегидом, OH(CH₂O)_nH (n = 8-100) (с высоким n и плотностью 1,5 г/см³), упакованным в цилиндрический алюминиевый контейнер толщиной 2 мм.
21. Alan Berman, "Re: Evidence of possible detection of fission products related to VELA event of 22 September 1979," U.S. NRL, letter to John Marcum, Executive Office of the President, OSTP, 3 November 1980, National Security Archive, South Africa, Document No. 01104.
22. National Security Archive, Electronic Briefing Book No. 570, Document 27, posted 8 December 2016.

23. National Security Archive, Electronic Briefing Book No. 570 (ссылка 22).
24. Wolfgang Panofsky, *Panofsky on Physics, Politics, and Peace: Pief Remembers* (New York: Springer, 2011).
25. Luis Alvarez, *Alvarez: Adventures of a Physicist* (New York: Basic Books, 1989).
26. Alan Berman, "Re: Evidence of possible detection of fission products related to VELA event on 22 September 1979." (ссылка 21)
27. Де Геер знал Марлоу и нескольких его коллег, они много раз посещали лаборатории друг друга в течение 1970-х и 1980-х годов. Марлоу и его коллеги были (или являются) экспертами в области ядерной спектроскопии.
28. Ronald Walters, and Kenneth S. Zinn, "The September 22, 1979 Mystery Flash: Did South Africa Detonate a Nuclear Bomb?" The Washington Office of The Africa Educational Fund (21 May 1985).
29. Letter from L. VanMiddlesworth to Harold Beck at the DOE/EML in New York, 25 September 1980, accession number 350990, Nuclear Testing Archive, Las Vegas, United States.
30. Letter from Harold Beck, DOE/EML in New York, to L. VanMiddlesworth, 2 October 1980, accession number 350990, Nuclear Testing Archive, Las Vegas, United States.
31. Letter from Harold Beck, DOE/EML in New York, to John Marcum, Executive Office of the President, OSTP, 8 December 1980, accession number 351123, Nuclear Testing Archive, Las Vegas, United States.
32. Ronald Walters and Kenneth S. Zinn, "The September 22, 1979 Mystery Flash." (ссылка 28)
33. Т-волны представляют собой сейсмические волны, которые распространяются по протяженному пути как океанская акустическая волна, прежде, чем преобразоваться в сейсмическую волну на береговой линии. Они являются третьей, или третичной, обнаруживаемой сейсмической волной, поскольку гидроакустическая скорость равна всего лишь 1,5 км/с по сравнению с 8 и 3,5 км/с для Р и S волн. Они обычно наблюдаются как продукт подводных возмущений, таких, как землетрясения, вулканические извержения, и антропогенные взрывы, после преобразования упругой энергии в акустическую энергию на дне моря. Сигнал Т-фазы, обнаруженный от подводного взрыва, могут называть также Н-фазой.
34. *Spying on the bomb: American nuclear intelligence from Nazi Germany to Iran and North Korea*; Marshall, Eliot, "Navy Lab Concludes the Vela Saw a Bomb," *Science* 209 (1980): 996-997; David Albright, and Gay Corey, "A Flash from the Past," *Bulletin of the Atomic Scientists* 53 (1997): 15-17; Kathy DeLucas, "Blast from the Past: Lab Scientists Receive Vindication," *LASL Daily News Bulletin* (11 July 1997), <http://nuclear-weapon-archive.org/Safrica/071197.html>.
35. В нормальных операциях Системы локализации удара ракет (MILS) гидроакустическое обнаружение на больших расстояниях осуществляется не за счет удара головной части (RV) по поверхности (поскольку ее энергия недостаточна для того, чтобы озвучить звукометрический канал SOFAR), а от заряда взрывчатого вещества, сбрасываемого с головной части для взрыва ближе к оси звукометрического канала SOFAR. Гидрофоны, располагаемые на дне океана близко от точки падения, смогут, однако, зарегистрировать и прямой сигнал и обеспечить более точную привязку. Смотрите Н.Н. Baker, "Missile Impact Locating System," *Bell Laboratories Record* (June 1961): 195-200.
36. "Hydroacoustic Evidence on the Vela Incident," letter from U.S. NRL Director Berman to John Marcum, Senior Advisor for Technology and Arms Control, Executive Office of the President, OSTP, 11 December 1980, Wilson Center Digital Archive, <http://digitalarchive.wilsoncenter.org/document/116758>.
37. Martin W, Lawrence, "Acoustic Monitoring of the Global Ocean for the CTBT," In Proceedings of 2004 Annual Conference of the Australian Acoustical Society, 3-5 November 2004, Gold Coast, Australia, 213-220, 455-460.
38. Это упрощенное описание. Существуют как географические (в основном широтные), так и сезонные вариации профиля скорости как функции глубины, которые могут изменять глубину оси звукометрического канала SOFAR и связанного с ним подводного звукового канала. В водах низких и средних широт, например, между около ± 40 градусов, имеется поверхностный слой в контакте с воздухом, который определяет суточные и погодные вариации. Даже внутри этого суточного слоя может существовать важная структура в соотношении между глубиной, температурой и скоростью. Такие процессы, как нагрев поверхности солнцем, охлаждение при испарении, и низкие ночные температуры, также как и вызванное ветром волнение, могут приводить к конвекции и турбулентности, перемешивающим воду из различных глубин. Это может привести к формированию квази-изотермического слоя толщиной в несколько десятков метров, зависящего от времени года, который также может захватывать акустическую энергию, и известный как перемешанный слой, или как поверхностный канал. Под суточным слоем располагается сезонный термоклин, простирающийся на несколько сотен метров, который отвечает за температурные вариации в течение года. За ним следует главный термоклин, в котором проис-

ходит основное изменение температуры, и, следовательно, скорости, и в котором скорость уменьшается с глубиной. На еще больших глубинах температура достигает постоянного значения около 2-4 °С, градиент скорости обращается и скорость начинает увеличиваться с глубиной (из-за возрастания давления) в этом глубоком изотермическом слое. Ось звукометрического канала SOFAR находится там, где скорость минимальна, на типичной глубине около 1000 м, а подводным звуковым каналом называется область между мелкой (300-40 м) и глубокой (3000-4000 м) точками, где скорости равны, и ее толщина может составлять несколько тысяч метров. Над осью лучи преломляются вниз, а ниже оси они преломляются вверх в согласии с геометрической оптикой и законом Снелла. На более высоких широтах, где океаны холоднее, толщина главного термоклина уменьшается и минимальная скорость акустической волны (и, соответственно, ось звукометрического канала SOFAR) переходит в область меньших глубин. При переходе в приполярную область весь водяной столб может стать изотермическим и тогда минимальная скорость и ось звукометрического канала SOFAR выйдут на поверхность. В этом случае все лучи будут преломляться вверх и отражаться от поверхности. Для низких частот отражение будет существенно идеальным, но бурное море, очевидно, может привести к диффузному отражению и поэтому акустическая энергия будет отражаться в различных направлениях. Дальнейшие подробности можно найти в R. J. Urick, "Sound Propagation in the Sea," Defence Advanced Research Projects Agency (1979), Reprint from the collection of the University of California Libraries; and M.J. Sheey, "SOFAR Propagation," in R.J. Urick, and A.W. Pryce, "A Summary of Underwater Acoustic Data, Part I, Introduction," Office of Naval Research (1953), <http://oai.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0030750>>.R.J. Urick, and A.W. Pryce, "A Summary of Underwater Acoustic Data. Part VII. Transmission Loss," Office of Naval Research (1956). <<http://oai.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0115204>>.

39. M. K. Prior, R. Chapman, and A. Newhall, "The Long-range Detection of an Accidental Underwater Explosion," proceedings of the European Conference on Underwater Acoustics, 2-6 July 2012, Edinburgh, Scotland; C. De Groot-Hedlin, Donna K. Blackman, and C. S. Jenkins, "Hydroacoustic Propagation Through the Antarctic Convergence Zone: Study of Errors in Yield and Location Estimates for Explosive Charges," Ft. Belvoir: Defense Technical Information Center, 2007, <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA519212>;"Hydroacoustic Propagation and Reflection Loss Using Explosions Found in the Indian Ocean," in Marvin A Wetovsky and Jody Benson, "Proceedings of the 29th Monitoring Research Review: Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies," 25-27 September, 2007, Denver, Colorado, (LA-UR-07-5613): 697-706; W. H., Munk, W. C. O'Reilly, and J. L. Reid, "Australia-Bermuda Sound Transmission Experiment (1960) Revisited," *Journal of Physical Oceanography* 18 (1988): 1876-1898; A. C. Kibblewhite, R. N. Denham, and P. H. Barker, "Long-Range Sound-Propagation Study in the Southern Ocean-Project Neptune," *The Journal of the Acoustical Society of America* 38 (1965): 629-643; George M. Bryan, Marek Truchan, and John I. Ewing, "Long-Range SOFAR Studies in the South Atlantic Ocean," *The Journal of the Acoustical Society of America* 35 (1963): 273-278.
40. M. K. Prior, O. Meless, P. Bittner, and H. Sugioka, "Long-range Detection and Location of Shallow Underwater Explosions Using Deep-Sound-Channel Hydrophones," *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 36 (2011): 703-715.
41. Система локализации удара ракет (MILS) на острове Вознесения уже была успешно использована для обнаружения антропогенных сигналов как с источниками в Северном и Южном Атлантическом океане, так и в Южном Индийском океане. Расположения гидрофонов предоставлены в нескольких публикациях, в которых обсуждаются эти обнаружения, и они охватывают интервал времени для предполагаемого события тревоги 747. Они включают взрывы Chase 21 и Chase 22 для разделки судов у берегов Нью Джерси в 1970 году и испытание осуществимости (акустических коммуникаций на больших расстояниях) на острове Херда (HIFT) в 1991 году. В другой публикации сообщается об обнаружении Системой локализации удара ракет (MILS) на острове Вознесения в 1959-1960 годах взрывов зарядов с 48 фунтами тротила, подрываемых на различных глубинах вдоль трека, который проходил близко от группы островов Принца Эдуарда и Марион. Эксперимент Chase предполагал наличие 5 гидрофонов, а эксперимент HIFT – 8-11 (некоторые могли быть парными). Предположительно система могла изменяться со временем, но предположение минимума в 5 гидрофонов поднимает вопрос о том, почему сигнал был зарегистрирован только на 3. Определенно ответить на этот вопрос можно будет только после полного рассекречивания всего отчета NRL, но возможно, что один, или более из гидрофонов находились в "тени" острова в направлении сигнала. Соответствующие ссылки таковы: Bryan, et al., "Long-Range SOFAR Studies in the South Atlantic Ocean" (ссылка 39); Walter H Munk, Robert C. Spindel,

- Arthur Baggeroer, and Theodore G. Birdsall, "The Heard Island Feasibility Test," *The Journal of the Acoustical Society of America* 96 (1994): 2330-2342; D. R. Palmer et al., "Reception at Ascension of the Heard Island feasibility test transmissions," *The Journal of the Acoustical Society of America* 96 (1994): 2432-2440; T. M. Georges, R. Boden, and D. R. Palmer, "Features of the Heard Island Signals Received at Ascension," *The Journal of the Acoustical Society of America* 96 (1994): 2441-2447; Department of Energy, Office of Nonproliferation and National Security, "Hydroacoustic Monitoring System" in *Arms Control and Non-Proliferation Technologies*, (Second Quarter 1994): 2229, <https://fas.org/sgp/othergov/doe/acnt/1994b.pdf>.
42. В данном случае дисперсия относится к продолжительности обнаруженных импульсов. Даже короткое событие, или даже мгновенное событие, такое, как взрыв, станет растянутым во времени в пункте приема. Говоря в широком смысле, так происходит из-за того, что лучи покидают источник под различными углами к оси звукометрического канала SOFAR, откуда следуют несколько отличающиеся преломляемые пути, попадающие в районы (глубины с различными скоростями, поэтому достигающие приемника в несколько отличающиеся времена. Идеальный сигнал (т.е. тот, для которого и источник, и приемник находятся на оси звукометрического канала SOFAR) покажет медленное возрастание до пиковой амплитуды, представляющие пути лучей около оси звукометрического канала, обычно более многочисленных, поскольку они испытывают меньшее поглощение (например, при донных отражениях), и которые будут самыми медленными, и, следовательно, приходящими последними. Несмотря на то, что им приходится пройти более длинный путь, крутые лучи приходят первыми, потому что они движутся быстрее (в глубокой и мелкой частях звукометрического канала SOFAR). Но им также встретится больше препятствий (таких, как дно океана), они будут подвержены большему ослаблению и поэтому будут регистрироваться на приемнике с меньшей амплитудой. Смотрите, например, M. J. Sheehy, "SOFAR Propagation" (ссылка 38).
43. U.S. Department of State, Memorandum to Paul Hare from Robert Martin, "U.S. NRL analysis of data relevant to 22 September 1979 possible nuclear event," 17 June 1980, National Security Archive Electronic Briefing Book 570, posted 8 December 2016, Document #39, <http://nsarchive.gwu.edu/nukevault/ebb570-The-22-September-1979-Vela-Satellite-Incident>
44. Marshall, Eliot, "Navy Lab Concludes the Vela Saw a Bomb." (ссылка 34) Kathy DeLucas, "Blast from the Past." (ссылка 34)
45. Обнаружения на острове Вознесения и станции в Аргентия ставят вопрос о том, был ли обнаружен сигнал на Системе локализации удара ракет (MILS) на Бермудских островах. В рукописных заметках, сопровождающих письмо Директору Военно-морской исследовательской лаборатории Берману, датированных 9 июня 1980 года, было предсказано время прихода для Бермудских островов (Тюдор Хилл), примерно равное 03:23 по Гринвичскому времени. Автор заметок, содержащих грубые вычисления времени и места возможных приходов от источника в 00:53:00 на островах Принца Эдуарда и Марион, не может быть установлен. Оценка возможности регистрации на Бермудах базировалась на пути по большому кругу от предполагаемого источника длиной около 13500 км. Только рассекречивание отчета Военно-морской исследовательской лаборатории позволит ответить на вопрос по регистрации на Бермудах, и если ее не было, то почему? Путь сигнала проходит несколько батиметрических особенностей, перпендикулярно пересекая подводную гору Ричардсон, хребет, соединяющий подводные горы Шмидта-Отта и Эрики, особенно сложную часть западного хребта Уолвиса, включающую три зубца вилкообразной структуры, и сам Средне-Атлантический хребет. Смотрите Letter from L. H. Ruhnke to Director Berman, U.S. Government Memorandum, 9 June 1980, Document #SA01064, National Security Archive at The George Washington University.
46. Было бы интересно знать, были ли отраженный и прямой сигналы на острове Вознесения обнаружены на одних и тех же трех гидрофонах, и (или) обладали ли прямые сигналы достаточным отношением сигнала к шуму для того, чтобы определить азимут источника и пройденную длину пути. Только рассекречивание отчета Военно-морской исследовательской лаборатории позволит обратиться к этим вопросам.
47. При рассмотрении только отраженного сигнала на острове Вознесения, длина пути в приблизительно 10000 км предполагает, что источник может быть также расположен к западу от точки отражения, вместо востока и островов Принца Эдуарда и Марион. Одиночный сигнал не позволяет сделать различие между двумя сценариями, что может быть причиной, по которой в документе NRLRD-80 "окрестности острова Кларенса" упоминаются как возможная область источника. Это, возможно, также было одной из причин, почему полуостров Палмера (чаще известный как Антарктический полуостров) упоминался как возможная область источника в одной статье (смотрите Phillip J. Klass, "Clandestine Nuclear Test

Doubted," *Aviation Week and Space Technology* (11 August 1980): 67-72.) Остров Кларенса – это самый восточный из Южных Шетландских островов, который следует береговой линии Антарктического полуострова с промежутками примерно в 120 км. Однако, длина пути с отражением от острова Кларенса до восточного хребта Скотия и до острова Вознесения будет несколько больше 7000 км, что не согласуется с оценкой длины по продолжительности сигнала. Вместо этого отражение может произойти от самой Антарктики, возможно, от ледового шельфа Ронне в море Уэдделла, чтобы остаться согласованным с наблюдаемым азимутом в 198 ± 10 градусов. Остров Кларенса лежит вдоль линии азимута от острова Вознесения примерно в 201 градус, что лежит внутри границ неопределенности, приведенных в документе NRLRD-80, но длина такого прямого пути составит всего около 6750 км. Путь в 10000 км вдоль линии азимута в 198 градусов от острова Вознесения, который проходит через сам антарктический континент, невозможен. Линия азимута примерно в 204 градуса для длины пути в 10000 км проходит через пролив Дрейка (между мысом Горн и Южными Шетландскими островами) и через южный Тихий океан к точке с координатами 64,5 градуса ю.ш. и 121,5 градуса з.д. Но в этой точке, и на расстоянии 10 градусов от нее, или более, на карте нет никаких островов. Также, маловероятно, что любой такой источник произвел бы сигнал в Аргентии без прохождения длинного пути, который потребовал бы более одного отражения (например, отражение от Африки, а потом от Южной Америки). Вместо этого, он вероятно, породит сигнал на одной, или нескольких станциях Интегрированной подводной системы наблюдений (IUSS) вдоль западного побережья Соединенных Штатов. Наконец, ни остров Кларенса, ни любая часть Полуострова Палмера или ледяного шельфа Ронне не может предоставить прямого пути до решетки детекторов Системы подводных наблюдений SOSUS в Аргентия, и трудно также увидеть, как отраженный сигнал может достичь Аргентии без многократных отражений. В целом, для записи обнаружений как на острове Вознесения, так и в Аргентии, прямых и (или) отраженных, требуется, чтобы источник располагался к востоку от любой антарктической точки отражения, и окрестности островов Принца Эдуарда и Марион предоставляют лучшую общую совместимость данных.

48. Другой возможной точкой отражения, также являющейся частью хребта Скотия с азимутом почти 198 градусов, будет остров Южная Георгия. Большее расстояние подразумевает взрыв в 00:47:00 UTC, что все еще сравнительно близко к времени вспышки Вела. эта область недавно предлагалась как подходящая точка отражения для гидроакустических сигналов после возможного взрыва аргентинской подводной лодки 15 ноября 2017 года и их анализ был помещен на веб-сайте Организации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (CTBTO). После отражения в любой точке путь сигнала до острова Вознесения будет существенно беспрепятственным. К сожалению, любая точка отражения будет несовместима с сигналом в Аргентия, отраженным из той же самой области, поскольку он будет заблокирован восточной оконечностью Южноамериканского континента (т.е., Бразилией). Предположение по пути по дуге большого круга, прямой приход в Аргентию с островов Принца и Эдуарда и Марион также проблематично, поскольку сигнал встретит несколько батиметрических особенностей, блокирующих и (или) рассеивающих его. В порядке увеличения расстояния от островов Принца и Эдуарда и Марион они включают континентальный край африканского континента около мыса Доброй надежды, Китовый хребет с многими подводными горами, поднимающимися примерно до километра к поверхности (т.е., вероятно пересекающими ось звукометрического канала SOFAR), и снова африканский континентальный край в его самой западной части. Некоторые геодезические пути, учитывающие эллиптичность Земли, и (или) пути, преломляемые в поперечном направлении, не будут столь неблагоприятно затронуты, и будет возможно наблюдать слабый прямой приход сигнала в Аргентию. Или же сигнал в Аргентии будет отраженным из другой точки вблизи Антарктики, чем сигнал на острове Вознесения; такое объяснение было приведено в рукописных заметках, сопровождающих письмо Директору по исследованиям Военно-морской исследовательской лаборатории, датированном 10 июня 1980 года. Расстояние между островами Принца и Эдуарда и Марион и Антарктикой было задано как 24,7 градуса. Координаты точки в Антарктике, соответствующие такому расстоянию, равны 69,00 ю.ш. и 15,75 в.д., соответственно. Путь от точки отражения до Аргентии сможет осуществимо воспроизвести обнаруженный сигнал; в заметках предполагается, что он будет зарегистрирован в 03:59:00 UTC, хотя он и будет проходить очень близко к континентальному краю Южной Америки в его самой восточной точке в Бразилии. Смотрите Letter from L. H. Ruhnke to Alan Berman, Document #SA01064.
49. J. Northrop, and M. F. Morrison, "Underwater Sound Signals from Some Atmospheric Explosions," *The Journal of the Acoustical Society of America* 49 part 2 (1971):1682-1683.

50. International Atomic Energy Agency, "The Radiological Situation at the Atolls of Mururoa and Fangataufa: Main Report," STI/PUB/1028, Vienna, 1998
51. Leonard Weiss, "Flash from the past: Why an apparent Israeli nuclear test in 1979 matters today"; Leonard Weiss, "The Vela Event of 1979"; Leonard Weiss, "The 1979 South Atlantic Flash"; L. Weiss, "The South Atlantic Flash: The Case for an Israeli Nuclear Test," *The Spokesman Journal* 123 (2014): 25-42; Leonard Weiss, "Israel's 1979 Nuclear Test and the U.S. Cover-Up"; Marshall, Eliot, "Navy Lab Concludes the Vela Saw a Bomb." (ссылка 34)
52. Memorandum to Paul Hare from Robert Martin. Точное происхождение ссылки неизвестно. Мартин получил ее от Джека Варона из Оборонного разведывательного агентства (DIA) со словами "думаю, что это от Военно-морской исследовательской лаборатории".
53. Leonard Weiss, "Israel's 1979 Nuclear Test and the U.S. Cover-Up"; Memorandum to Paul Hare from Robert Martin; Executive Office of the President, OSTP, J. P. Ruina et al., "Ad Hoc Panel Report on the September 22 Event," (17 July 1980), <http://fas.org/rlg/800717-vela.pdf>; "Ad Hoc Panel Report on the September 22 Event," (23 May 1980), <http://nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB190/>
54. C. de Groot-Hedlin, "Estimation of the Rupture Length and Velocity of the Great Sumatra Earthquake of Dec 26, 2004 using Hydroacoustic Signals," *Geophysical Research Letters* 32 (2005): L11303; Z. M. Upton, J. Jay Pulli, Brian Myhre, and David Blau, "A Reflected Energy Prediction Model for Long-range Hydroacoustic Reflection in the ceans," *The Journal of the Acoustical Society of America* 119 (2006):153-160.
55. Отметим также, что в Международной системе мониторинга (IMS) Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний используются триплеты гидрофонов.
56. D. E. Weston, and P. B. Rowlands, "Guided Acoustic Waves in the Ocean," *Reports on Progress in Physics* 42 (1979): 347-387; A. C. Kibblewhite and R. N. Denham, "Hydroacoustic Signals from the CHASE V Explosion," *The Journal of the Acoustical Society of America* 45 (1969): 944-956; Bryan, et al., "Long-Range SO-FAR Studies in the South Atlantic Ocean." (ссылка 39)
57. J. Northrop, and M. F. Morrison, "Underwater Sound Signals from Some Atmospheric Explosions" (ссылка 49); A. R. Milne, "Comparison of Spectra of an Earthquake T-phase with Similar Signals from Nuclear Explosions," *Bulletin of the Seismological Society of America* 49 (1959):317-329.
58. J. Talandier, and E. A. Okal, "Identification Criteria for Sources of T Waves Recorded in French Polynesia," *Pure and Applied Geophysics* 158 (2001): 567-603.
59. M. K. Prior, R. Chapman, and A. Newhall, "The Long-range Detection of an Accidental Underwater Explosion." (ссылка 39)
60. J. Northrop, and M. F. Morrison, "Underwater Sound Signals from Some Atmospheric Explosions" (ссылка 49); A. R. Milne, "Comparison of spectra of an earthquake T-phase with similar signals from nuclear explosions." (ссылка 57)
61. Marshall, Eliot, "Navy Lab Concludes the Vela Saw a Bomb." (ссылка 34)
62. Следует помнить, что "датой окончания приема информации" для отчета группы Руины было 3 апреля 1980 года, дата их последнего совещания, в которую Военно-морская исследовательская лаборатория еще не закончила свой анализ (ее отчет был представлен 30 июня 1980 года, почти тремя месяцами позже). Даже в таком случае, тот факт, что Директор по исследованиям Военно-морской исследовательской лаборатории считал себя обязанным написать это письмо (NRLRD-80) в декабре 1980 года, после совещания группы в начале этого месяца, позволяет предположить, что группа не отошла от своей первоначальной позиции.
63. В предположении сферичности Земли дуга большого круга является кратчайшим расстоянием между двумя точками. Но Земля не идеально сферична, и она обладает небольшой эллиптичностью и слегка сплюснута на полюсах. Коррекция, связанная с этим фактом, представляет геодезические пути как кратчайшие расстояния между двумя точками. Разница может составлять всего несколько километров на всей длине пути, но вблизи полюсов два пути расходятся все больше, и, таким образом, реальный геодезический путь может встретиться с океанографическими условиями (например, скоростью звука, батиметрией), отличающимися от тех, которые соответствуют предположению о дуге большого круга. Поперечное преломление из-за горизонтального, а не вертикального градиента скорости звука, или даже островов или подводных гор, также может отклонить путь от большого круга или геодезической линии, и надо будет провести подробные расчеты для того, чтобы надежно ассоциировать полученный сигнал с источником, например, обеспечить согласованность расчетных и наблюдаемых времен прихода, предположив (или получив) время и расположение взрыва. Смотрите W.H. Munk, and F. Zachariassen, "Refraction of Sound by Islands and Seamounts." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technolo-*

- gy 8 (1991): 554-574; W. H. Munk, W. C. O'Reilly, and J. L. Reid, "Australia-Bermuda Sound Transmission Experiment." (ссылка 39).
64. Хотя в меморандуме от Мартина к Хару от 17 июня 1980 года утверждается, что сигнал с Аргентии является отраженным, а не прямым сигналом, здесь делается допущение, что это заявление могло быть неправильным. Как объяснено в предыдущем примечании, если станция Аргентия получила отраженный сигнал, он не может отразиться от той же самой точки (хребет Скотия), что и сигнал на острове Вознесения. Он был бы блокирован восточной частью Бразилии.
 65. John Northrop, and J. G. Colborn, "SOFAR Channel Axial Sound Speed and Depth in the Atlantic Ocean," *Journal of Geophysical Research* 79 (1974): 5633-5641.
 66. Marshall, Eliot, "Navy Lab Concludes the Vela Saw a Bomb." (ссылка 34)
 67. Zachary M Upton, J. Jay Pulli, Brian Myhre, and David Blau, "A Reflected Energy Prediction Model for Long-Range Hydroacoustic Reflection in the Oceans," *The Journal of the Acoustical Society of America* 119 (2006): 153-160; J. Jay Pulli, Ted Farrell, and Rob Gibson, "Characterization and Utilization of Hydroacoustic Signals Reflected from Continents and Bathymetric Features," in Proceedings of the 21st Seismic Research Symposium, 21-24 September 1999 in Las Vegas, N.V., LA-UR-99-4700, 49-56; J. Pulli, Zachary M. Upton, Jeff Wagoner, and Phil Harben, "Dynamic Modelling of Hydroacoustic Reflections and a First Look at the Data from the New Hydroacoustic Arrays at Ascension Island," in Proceedings of 28th Seismic Research Review: Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies, 19-21 September 2006, Orlando, FL, 742-751; J. Jay Pulli, Zachary Upton, Rob Gibson, and Ted Farrell, "Modeling Long-Range Hydroacoustic Reflections in the Atlantic and Pacific Oceans," in Proceedings of the 22nd Annual DoD/DOE Seismic Research Symposium: Planning for Verification of and Compliance with the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty (CTBT) (2000): paper #05- 11; A. Kibblewhite, "Hydroacoustic signals from the CHASE V explosion," *The Journal of the Acoustical Society of America* 45 (1969): 944-956; A. C. Kibblewhite, and R. N. Denham, "The CHASE V Explosion—Submarine Topographic Reflections from the Vicinity of Pitcairn Island," *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts* 18 (1971): 905-911.
 68. J. Angell, R. Gibson, J. Jay Pulli, and T. Farrell, "Hydroacoustic Network Capability Studies," BBN Technical Memorandum W1310, UCRL-CR-130726, Lawrence Livermore National Laboratory (May 1998).
 69. Alan Berman, "Inquiry from Phil Klass, *Aviation Week Magazine* regarding VELA Study as Reported in Science Magazine," 26 August 1980, документ доступен на сайте Архива национальной безопасности, <http://nsarchive.gwu.edu/nsa/archive/resguide.htm>.
 70. Bryan et al., "Long-Range SOFAR Studies in the South Atlantic Ocean." (ссылка 39)
 71. J. Northrop, and M. F. Morrison, "Underwater sound signals from some atmospheric explosions" (ссылка 49); A. R. Milne, "Comparison of spectra of an earthquake T-phase with similar signals from nuclear explosions" (ссылка 57); P. Gerstoff, "Introduction to Hydroacoustics," lecture slides <http://noiselab.ucsd.edu/view/intro2hydro.pdf>. Говорят, что гидроакустический сигнал, показанный на слайде 44 (из 92) как временной ряд в нескольких частотных диапазонах, связан с атмосферным ядерным взрывом. Не приводится никаких подробностей, например, является ли это реальными данными или модельным расчетом, ядерным или химическим взрывом, высоты взрыва, глубины воды. Но он показывает малую длительность и низкочастотное содержание.
 72. Эта длительность упоминалась в документе NRLRD-80, где указывалось, что при определении фона на острове Вознесения Военно-морская исследовательская лаборатория искала события с продолжительностью сигнала более 8 и менее 32 секунд.
 73. W. J. Verwoerd, S. Russell, and A. Berruti, "1980 Volcanic Eruption Reported on Marion Island," *Earth and Planetary Science Letters* 54 (1981): 153-156.
 74. J. H. Haxel, and R. P. Dziak, "Evidence of Explosive Seafloor Volcanic Activity from the Walvis Ridge, South Atlantic Ocean," *Geophysical Research Letters* 32 (2005): L13609
 75. J. Talandier and E. A. Okal, "Monochromatic T Waves from Underwater Volcanoes in the Pacific Ocean: Ringing Witnesses to Geyser Processes?" *Bulletin of the Seismological Society of America* 86 (1996): 1529-1544
 76. D. Metz, A. B. Watts, I. Grevemeyer, M. Rodgers, and M. Paulatto, "Ultra-Long-Range Hydroacoustic Observations of Submarine Volcanic Activity at Monowai, Kermadec Arc," *Geophysical Research Letters* 43 (2016): 1529-1536
 77. R. A. Norris, and R. H. Johnson, "Submarine Volcanic Eruptions Recently Located in the Pacific by SOFAR Hydrophones," *Journal of Geophysical Research* 74 (1969): 650-664; J. Schrodt, K. Joseph, D.R. Russell, D.A. Clauter, and F.R. Schult, "The Hydroacoustic Component of an International Monitoring System," Air

- Force Technical Applications Center, Defense Technical Information Center Accession number ADP204530, (14 August 1995): 1039-1043, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/p204530.pdf>.
78. International Seismological Centre, On-line Bulletin, <http://www.isc.ac.uk>, search summary (Database: Reviewed ISC Bulletin, Search type: Circular search, Central latitude: -47, Central longitude: 37, Radius: 7 degrees, Startdate: 1979-09-01 00:00:00, End date: 1979-11-01 00:00:00)
 79. J.Y. Royer, R. Chateau, R.P. Dziak, and D.R. Bohnenstiehl, "Seafloor Seismicity, Antarctic Ice-sounds, Cetacean Vocalizations and Long-term Ambient Sound in the Indian Ocean Basin," *Geophysical Journal International* 202 (2015): 748-762; G. Helffrich, S. Heleno, B. Faria and J. F. B. D. Fonseca, "Hydroacoustic Detection of Volcanic Ocean-Island Earthquakes," *Geophysical Journal International* 167 (2006): 1529-1536
 80. J. Y. Royer et al., "Seafloor seismicity, Antarctic ice-sounds" (ссылка 79); W. S. D. Wilcock, Kathleen M. Stafford, Rex K. Andrew, and Robert I. Odom, "Sounds in the Ocean at 1-100 Hz," *Annual Review of Marine Science* 6 (2014): 117-140; D. R. MacAyeal, E. A. Okal, R. C. Aster, and J. N. Bassis, "Seismic and Hydroacoustic Tremor Generated by Colliding Icebergs," *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 113 (F3) (2008): F03011; J. Talandier, O. Hyvernaud, D. Reymond, and E. Okal, "Hydroacoustic Signals Generated by Parked and Drifting Icebergs in the Southern Indian and Pacific Oceans," *Geophysical Journal International* 165 (2006): 817-834
 81. Haru Matsumoto et al., "Antarctic Icebergs: A Significant Natural Ocean Sound Source in the Southern Hemisphere," *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 15 (2014): 3448-3458, <http://archimer.ifremer.fr/doc/00205/31613/30035.pdf>
 82. International Atomic Energy Agency, "The Radiological Situation at the Atolls of Mururoa and Fangataufa: Main Report." (ссылка 50)
 83. J. Northrop, and M. F. Morrison, "Underwater Sound Signals from Some Atmospheric Explosions" (ссылка 49); Здесь принималось, что "критический угол" аналогичен закону Снелла в геометрической оптике. Для волны, переходящей из одной среды в другую, каждая с различными акустическими скоростями (оптическими показателями преломления), угол падения луча (измеряемый от границы между двумя средами) для перехода в другую среду должен быть больше, чем некоторое критическое значение. В противном случае возникает полное внутреннее отражение. Для двух американских взрывов на барже, в "Comparison of Spectra of an Earthquake T-phase with similar Signals from Nuclear Explosions," (ссылка 57) Милн пришел к выводу, что взрыв проводился либо на земле, либо в области, отрезанной от моря, что очевидно неверно для первого варианта, и не совсем верно для второго.
 84. Расчеты показали, что там, где дно океана наклонено вниз, крутые пути луча могут быть преобразованы в горизонтальные, и при пересечении звукометрического канала SOFAR акустическая энергия может быть захвачена и может передаваться на большие расстояния. Это может произойти за десятки километров от самого атолла, так что такие "несоответствия" терминов "рассчитанное расстояние от приемника до источника" (или время распространения) и "согласованное расстояние от приемника до источника" обычны. В особенности, такое наклонное дно существует около тихоокеанских атоллов, на которых проводились ядерные испытания, которые, как полагают, по существу являются вершинами потухших вулканов, поднимающихся над морским дном глубиной около 400 м. Marvin A. Wetovsky and Jody Benson, "Hydroacoustic Propagation and Reflection Loss Using Explosions Found in the Indian Ocean," 707-716; M. K. Prior, O. Meless, P. Bittner, and H. Sugioka, "Long-range Detection and Location of Shallow Underwater Explosions" (ссылка 40); International Atomic Energy Agency, "The Radiological Situation at the Atolls of Mururoa and Fangataufa: Main Report." (ссылка 50)
 85. I. J. Ansorge, and J. R. E. Lutjeharms, "The Hydrography and Dynamics of the Ocean Environment of the Prince Edward Islands," *Journal of Marine Systems* 37 (2002): 107-127; E. Pakhomov, I. J. Ansorge, and P. W. Froneman, "Variability in the Inter-Island Environment of the Prince Edward Islands (Southern Ocean)," *Polar Biology* 23 (2000): 593-603.
 86. Эта тема поднималась также на другом форуме, но по иным причинам. Смотрите Т. С. Bache, T.G. Barker, M.G. Brown, K.D. Pyatt, and H.J. Swanger, *The Underwater Acoustic Signature of a Nuclear Explosion at the Ocean Surface* (La Jolla CA: Systems Science and Software, 1980), <<http://oai.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA107359>>.
 87. J. Northrop, and M. F. Morrison, "Underwater Sound Signals from Some Atmospheric Explosions" (ссылка 49); A. R. Milne, "Comparison of Spectra of an Earthquake T-phase with Similar Signals from Nuclear Explosions" (ссылка 57); D. B. Clarke, P. E. Harben, D. W. Rock, J. W. White, and A. Piacsek, "Energy Coupling of Nuclear Bursts in and above the Ocean Surface: Source Region Calculations and Experimental Validation," Proceedings of the 19th Annual Seismic Research Symposium on Monitoring a Comprehensive Test Ban

- Treaty, September 1997, Orlando, FL, UCRL-JC-127892, Lawrence Livermore National Laboratory, 23-25, <https://www.osti.gov/scitech/biblio/641356>; D. B. Clarke, A. Piacsek and J. W. White, "Predictions of acoustic signals from explosions above and below the ocean surface: source region calculations," UCRL-ID-125914, Lawrence Livermore National Laboratory (1996), <https://www.osti.gov/scitech/biblio/462877>; Introduction to Hydroacoustics; T. C. Bache et al., "*The Underwater Acoustic Signature of a Nuclear Explosion.*" (ссылка 86)
88. D. B. Clarke et al., "Energy coupling of nuclear bursts" (ссылка 87); D. B. Clarke, A. Piacsek and J. W. White, "Predictions of acoustic signals from explosions." (ссылка 87)
89. J. Northrop, and J. G. Colborn, "SOFAR Channel Axial Sound Speed and Depth in the Atlantic Ocean" *Journal of Geophysical Research* 79 (1974): 5633-5641.
90. T. C. Bache et al., "*The Underwater Acoustic Signature of a Nuclear Explosion.*" (ссылка 86)
91. Продолжительность сигнала на пути распространения в 6600 км будет лежать в интервале 4-38 секунд в совокупности рассчитанных моделей, что совпадает с интервалом 8-32 секунды, указанным в документе NRLRD-80 для предположительного сигнала Вела. Тем не менее, модели не включают в себя распространение в звукометрическом канале SOFAR, что согласно грубым оценкам авторов может увеличить продолжительность до 33-55 секунд. Они пришли к выводу, что "от 20 до 60 секунд представляются обоснованными для дальности около 6600 километров."
92. A. R. Milne, "Comparison of spectra of an earthquake T-phase with similar signals from nuclear explosions." (ссылка 57)
93. T. C. Bache et al., "*The Underwater Acoustic Signature of a Nuclear Explosion.*" (ссылка 86)
94. T. C. Bache et al., "*The Underwater Acoustic Signature of a Nuclear Explosion*" (ссылка 86); A. R. Milne, "Comparison of spectra of an earthquake T-phase with similar signals from nuclear explosions" (ссылка 57); D. B. Clarke et al., "Energy Coupling of Nuclear Bursts" (ссылка 87); D. B. Clarke, A. Piacsek and J. W. White, "Predictions of Acoustic Signals from Explosions." (ссылка 87)
95. W. S. D. Wilcock et al., "Sounds in the Ocean at 1-100 Hz"; M. K. Prior, D. J. Brown, and G. Haralabus, "Data Features from Long-term Monitoring of Ocean Noise" in Proceedings of the 4th International Conference and Exhibition on Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results, 20-24 June 2011, Kos Island, Greece, 1343-1350.
96. J. Y. Royer et al., "Seafloor seismicity, Antarctic ice-sounds." (ссылка 79)
97. E. W. Hones Jr, D. N. Baker, and W. C. Feldman, "Evaluation of some geophysical events on 22 September 1979," Los Alamos Series (1981), LA-08672, Los Alamos Scientific Laboratory, <http://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-08672>
98. E. W. Hones et al., "Evaluation of some geophysical events on 22 September 1979." (ссылка 97)
99. J. E. Mansfield and H. T. Hawkins, "The South Atlantic mystery flash: Nuclear or not?" Defense Technical Intelligence Report (26 June 1980), <http://nsarchive.gwu.edu/NSAEBB/NSAEBB190/index.htm>
100. Alan Berman, "Report of conversation between Alan Berman and Leonard Spector from the Office of Senator Glenn," 12 August 1980, документ доступен на сайте Архива национальной безопасности, <http://nsarchive.gwu.edu/nsa/archive/resguide.htm>.
101. J. M. Goodman, "Marion Island data-progress report," letter to Alan Berman from John Goodman, Head, Ionospheric Effects Branch, Space Science Division, 23 July 1980; Alan Berman, "Analysis of Marion Island ionosonde records," letter to John Marcum, Senior Advisor for Technology and Arms Control, Executive Office of the President, from Alan Berman, Director of Research, U.S. NRL, 24 July 1980; оба документа доступны на сайте Архива национальной безопасности, <http://nsarchive.gwu.edu/nsa/archive/resguide.htm>.
102. Это демонстрируется исчезновением рейса МН370 7 марта 2014 года, почти через четыре года было найдено небольшое количество следов, и до сих пор не было сделано никаких выводов о том, как и где разбился этот самолет.
103. J. Cooper, and G. Avery, "Historical sites at the Prince Edward Islands," A report of a workshop meeting held at the University of Cape Town, 28 June 1984, under the auspices of the Biological Sciences Subcommittee of the South African Scientific Committee for Antarctic Research, South African National Scientific Programmes Report 128, July 1986. На страницах 51-52 этого отчета перечислены все 12 сотрудников, находившихся на острове Марион 22 сентября 1979 года вместе с их специальностями, фамилиями и инициалами.
104. <https://www.timeanddate.com/sun/south-africa/marion-island-prince-edward-islands?>