

## ЭКСПЕРИМЕНТ НА ЧЕРНОМ МОРЕ

*Американский и советский отчеты  
о совместном эксперименте по верификации*

### Специальное сообщение

5 июля 1989 года группа американских ученых из Национального совета по защите природных ресурсов (NDRC) и группа советских ученых из Института атомной энергии им. И.В.Курчатова провели совместный эксперимент по измерению излучения ядерной боеголовки крылатой ракеты на борту советского военного корабля "Слава". Эксперимент, ставший новым ярким проявлением гласности в решении проблем контроля над вооружениями, проводился на Черном море вблизи Ялты. В этом специальном сообщении приводятся два кратких обзора с итогами эксперимента.

Первая работа Стива Феттера и Фрэнка фон Хиппеля представляет собой несколько измененный вариант сообщения, появившегося в журнале "Physics Today" в ноябре 1989 года. Более полное техническое описание эксперимента и его результатов будет приведено в журнале "Science".

Вторая работа подготовлена сотрудниками Института атомной энергии С.Т.Беляевым, В.И.Лебедевым, Б.А.Обиняковым, М.В.Земляковым, В.А.Рязанцевым, В.М.Армашевым и представителем ВМФ С.А.Вошининым. В ней приводится краткое описание размещаемой на вертолете системы регистрации нейтронов и результатов ее применения для обнаружения ядерных боеголовок, включая результаты эксперимента на Черном море.

## ИЗМЕРЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ СОВЕТСКОЙ БОЕГОЛОВКИ

*Стив Феттер и Фрэнк фон Хиппель*

Одна из проблем, тормозящих процесс подготовки договора о сокращении стратегических ядерных вооружений, связана с ограничениями на крылатые ракеты морского базирования (КРМБ) большой дальности, снабженные ядерными боеголовками.

Советское руководство отмечало, что если наращивание этого нового вида ядерного оружия большого радиуса действия не будет остановлено, то соглашение по ограничению других видов ядерных вооружений может стать бессмысленным. По его мнению, ограничения КРМБ с ядерными боеголовками могут быть проверены, и поэтому советская сторона предложила провести советско-американский эксперимент по обнаружению ядерных боеголовок морского базирования.

Напротив, американская сторона, имеющая определенное превосходство в разработке КРМБ с ядерными и обычными боеголовками, не заинтересована в быстром заключении подобного соглашения. Более того, она считает, что производство, хранение и развертывание этих небольших ракет может

быть проведено настолько незаметно, что проверка ограничений станет невозможной. И, наконец, ВМС США недвусмысленно заявили, что они будут против любой схемы верификации, которая позволила бы советским представителям инспектировать американские военные корабли или раскрыть для широкой публики наличие ядерного оружия на борту американских военных кораблей (ВМС США придерживается политики "ни подтверждать, ни опровергать" наличия ядерного оружия на конкретных военных кораблях, поскольку это обстоятельство для многих стран имеет серьезное политическое значение).

Для того, чтобы попытаться разрешить это противоречие, американский Национальный совет по защите природных ресурсов и советские правительственные организации организовали демонстрационный эксперимент по обнаружению ядерных боеголовок на ракетном крейсере "Слава". Этот эксперимент был проведен 5 июля 1989 года на Черном море, вблизи города Ялта.

Поскольку пусковая установка крыла-

той ракеты находилась на палубе, и она не была снабжена дополнительной защитой от излучения, обнаружить ядерную боеголовку было сравнительно легко. Кроме того, в ходе этого эксперимента впервые в истории специалисты другой страны, имеющие детекторы гамма-излучения с высоким энергетическим разрешением, смогли провести измерения излучения ядерной боеголовки в непосредственной близости от нее.

Руководитель американской группы Томас Кохрэн (Национальный совет по защите природных ресурсов) привлек к этим работам еще четырех физиков: Стива Феттера (Мэрилендский университет), ведущего участника исследования "Обнаружение ядерных боеголовок" (результаты которого помещены в третьем выпуске этого журнала); Ли Гродзинса (Массачусетский технологический институт); Харви Линча (Стэнфордский университет) и Мартина Цукера (Брукхейвенская национальная лаборатория).

Американская группа использовала прибор с полупроводниковым детектором на основе кристалла высокочистого германия объемом  $150 \text{ см}^3$  с энергетическим разрешением около 2 кэВ. Детектор размещался на пусковой установке напротив ядерной боеголовки, положение которой было указано советскими специалистами. Гамма-лучи проходили через кожух пусковой установки крылатой ракеты.

Спектр гамма-излучения, измеренный в течение примерно 10 минут, показан на рис. 1 (после исключения фона излучения с непрерывным спектром). В нем четко проявляются пики, связанные с альфа-распадом делящихся изотопов урана-235 (в особенности, на энергии 186 кэВ) и плутония-239 (в особенности, на 375 и 414 кэВ). Кроме того, в спектре наблюдаются линии, связанные с альфа-распадом америция-241, продукта распада плутония-241 (722 кэВ), и таллия-208, продукта распада искусственного изотопа урана-232 (в особенности, на 2614 кэВ). Присутствие урана-232 показывает, что, по крайней мере, часть использованного в боеголовке урана подвергалась нейтронному облучению. Это означает, что в советских ядерных боеголовках используется уран,

взятый из промышленных ядерных реакторов.

Для американских специалистов, чей опыт в основном базировался на изучении упрощенных модельных спектров, наиболее неожиданными оказались две особенности результатов измерений. Во-первых, поток в линии 1001 кэВ от распада урана-238 оказался очень малым, что указывало на то, что практически весь уран в боеголовке является высокообогащенным (доля урана-238 составляет около 4 процентов). Во-вторых, регистрация фотонов малой энергии от распада урана-235 показывает, что между этим материалом и поверхностью ядерной боеголовки не находится дополнительной радиационной защиты (пробег фотонов с энергией 186 кэВ в свинце примерно равен одному миллиметру).

Тем не менее, анализ результатов измерений показал, что при таких измерениях нельзя получить дополнительной информации о конструкции ядерных боеприпасов.

В эксперименте участвовало также несколько советских групп. Группа из Института физики Земли проводила измерения, аналогичные измерениям американской группы, но применяемый ей детектор обладал несколько худшим энергетическим разрешением. Другая группа из Института геохимии сделала безуспешную попытку обнаружить ядерную боеголовку при помощи мозаики сцинтилляционных детекторов с рабочей площадью около  $0,25 \text{ м}^2$ , расположенной на другом корабле, проходившем рядом с ракетным крейсером "Слава".

Наиболее интересный советский эксперимент был проведен группой из физического отделения Института атомной энергии им. И.В.Курчатова (он будет подробнее описан в следующей статье). Эта группа проводила измерения нейтронного излучения при помощи набора пропорциональных счетчиков с гелием-3 общей площадью около  $2,5 \text{ м}^2$ , установленных на вертолете. Статистически значимые сигналы были обнаружены на расстояниях до 76 метров (на таком расстоянии скорость счета составляла около 1 нейтрона в секунду). Зарегистрированные нейтроны возникали в результате спонтанного деления ядер плутония-240, входящего в состав ядерной боеголовки.

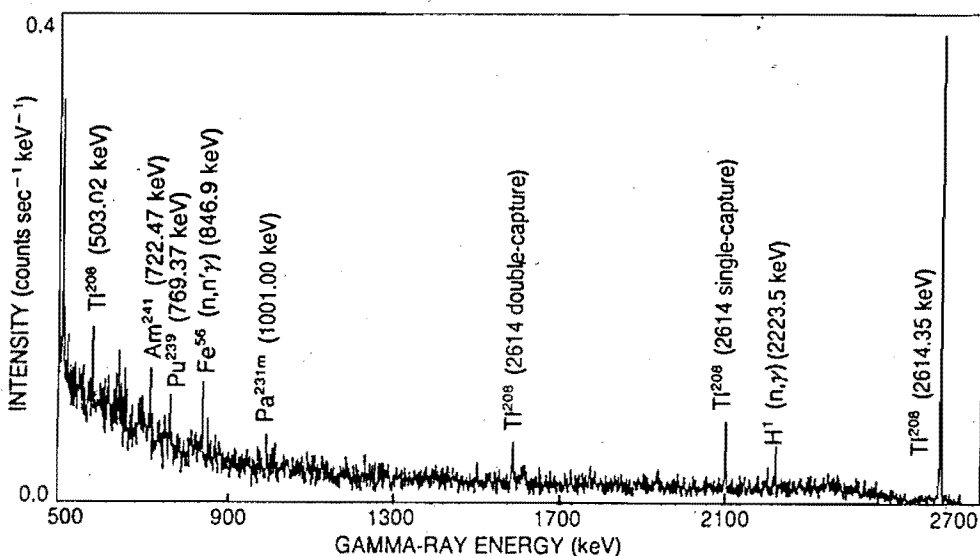
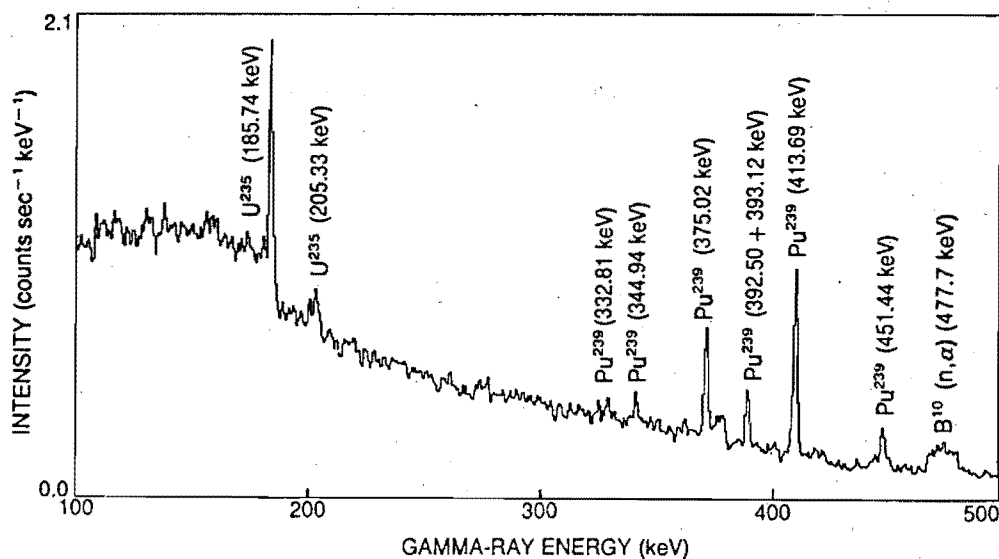


Рисунок 1

Спектр гамма-излучения, измеренный в течение 10 минут германиевым детектором, размещенным на контейнере крылатой ракеты в 3,4 метра от крышки.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРТОЛЕТНОГО НЕЙТРОННОГО ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЯДЕРНЫХ БОЕГОЛОВЕК В СОВЕТСКО-АМЕРИКАНСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ЧЕРНОМ МОРЕ

*С.Т.Беляев, В.И.Лебедев, Б.А.Обиняков, М.В.Земляков,  
В.А.Рязанцев, В.М.Армашов и С.А.Воцзинин*

Военно-морской флот СССР представил вертолетный комплекс "Советник" для обнаружения боеголовки крылатой ракеты в со-

вместном советско-американском эксперименте на Черном море, проведенном 5 июля 1989 года. В комплекс входит вертолет ко-

рабельного базирования, на котором размещен детектор нейтронов вместе с аппаратурой записи, и соответствующее корабельное оборудование. Комплекс был разработан в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова. Его работа основана на регистрации нейтронного излучения ядерного боезаряда, испускаемого в результате спонтанного деления плутония-240, который присутствует в качестве примеси в составе оружейного плутония. Детектор нейтронов комплекса "Советник" построен на основе счетчиков с гелием-3, помещенных в замедлитель. Он рассчитан на регистрацию нейтронного потока от одиночного ядерного боезаряда на расстояниях до 100-150 метров. На этих расстояниях поток не превышает 10% от величины природного фона и сравним с его вариациями. Поэтому при создании комплекса "Советник" были подробно исследованы факторы, влияющие на величину фона и его поведение.

Детектор нейтронов вместе с аппаратурой записи, предварительной обработки и экспресс-анализа первичной информации размещается на вертолете корабельного базирования, который при проведении контроля совершает медленный облет корабля - объекта контроля. Факт наличия на корабле делящегося материала считается установленным, если измеренный нейтронный сигнал в зоне корабля выше "порога", определяемого как уровень, который превышает на три стандартных отклонения ожидаемые флуктуации фона с учетом возможных его вариаций и других неопределенностей статистического и нестатистического характера. В состав аппаратуры включены высотомер вертолета и лазерный дальномер, информация с которых записывается синхронно с информацией от детектора нейтронов. Лазерный дальномер позволяет определить расстояние до корабля, что дает возможность делать оценку абсолютного потока нейтронов, и тем самым в некоторых случаях, если имеется информация об изотопном составе плутония, оценивать количество плутония. Вертолет оборудован также системой синхронной видеозаписи, позволяющей осуществлять визуальную привязку информации с детектора нейтронов к выделенной зоне контролируемого корабля.

На корабле базирования вертолета размещена аппаратура детальной обработки и анализа данных, зарегистрированных вертолетным комплексом. Она включает в себя ЭВМ с набором внешних устройств, библиотеку программ и аппаратуру видеовоспроизведения. Операторы на корабле видят изображение, записанное вертолетной видеоаппаратурой, на экране телемонитора в реаль-

ном масштабе времени. В состав корабельной аппаратуры входит также нейтронный монитор для контроля за постоянством фона при работе вертолетного комплекса. Блок-схема комплекса "Советник" представлена на рис. 2.

В комплексе "Советник" реализовано несколько режимов работы: измерения фона, измерения в режиме зависания над кораблем, измерения в режиме облета корабля. Результаты измерений после экспресс-анализа данных, полученных вертолетной аппаратурой, выводятся на световое табло управления комплексом для принятия штурманом-оператором решения прекратить работу или повторить облет. При детальной обработке информации корабельными средствами может быть использован интегральный алгоритм, дающий усредненный уровень нейтронного излучения кораблем, или алгоритм зонной обработки, позволяющий получить распределение нейтронного поля по длине корабля. Зонная обработка дает возможность локализовать в пространстве отдельные источники излучения, если расстояние между ними сравнимо с дальностью облета. В этом случае комплекс "Советник" позволяет проводить даже контроль кораблей с ядерной энергетической установкой.

Работоспособность вертолетного комплекса дистанционного контроля за ядерным оружием морского базирования "Советник" была подтверждена испытаниями, проведенными в натуральных условиях в акваториях Черного и Средиземного морей в 1978-1979 гг. В процессе испытаний был обследован ряд кораблей ВМС стран НАТО в том числе и кораблей ВМС США. Факт наличия ядерного оружия был установлен на некоторых американских кораблях в Средиземноморье. Например, фрегат "Труэтт" был обследован 21 января 1978 г. в Средиземном море в точке с координатами 32°35'с.ш., 25°50'в.д.; авианосец "Америка" был обследован 7 февраля 1978 г. в точке с координатами 38°31'с.ш., 18°35'в.д.; эсминец "Барри" обследован дважды - 30 января 1978 г. в точке 33°58'с.ш., 21°00'в.д. и 11 мая 1979 г. в точке 42°27'с.ш., 06°16'в.д.; транспорт оружия и специальной техники "Маунт Бейкер" - 16 апреля 1979 г. в точке 40°17'с.ш., 13°39'в.д.

При проведении советско-американского эксперимента на Черном море облеты ракетного крейсера "Слава" проводилось двумя вертолетами с комплексами "Советник" с корабля базирования "Апшерон". Один из вертолетов выполнял облет на дальности приблизительно 30 м, другой на дальности приблизительно 80 м. Результаты приведены в табл. 1 и 2, а также на рис. 3. Они дают распределение поля нейтронного

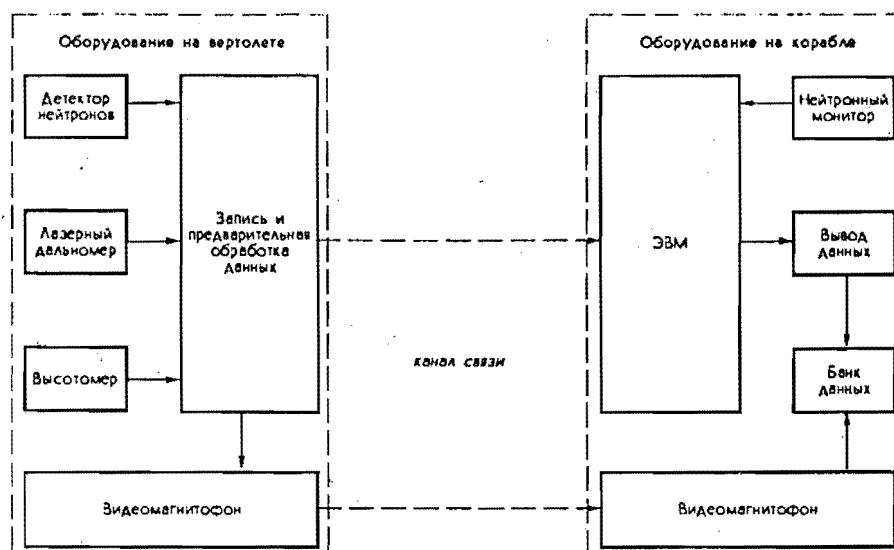


Рисунок 2  
Комплекс "Советник".

излучения по длине корабля, разделенной на 10 пространственных зон. Из результатов интегральной обработки данных облета на дальности 30 м с вероятностью не менее 0.95 следует, что на борту ракетного крейсера "Слава" имеется источник нейтронного излучения. Из результатов зонной обработки данных, полученных при облетах на обеих дальностях, следует, что этот источник находится в седьмой пространственной зоне, которая соответствует положению пусковой установки с крылатой ракетой, укомплектованной ядерным боезарядом. Время экспозиции в этой зоне не превышало 10 секунд.

Комплекс "Советник" следует рассматривать только как часть системы контроля,

обеспечивающую дистанционное обнаружение ядерного оружия на кораблях. Ряд проблем здесь не рассматривается, например, проблемы, связанные с сокрытием ядерного оружия. По всей видимости, идентификацию типов ядерного вооружения при контроле можно осуществить лишь контактными методами. Тем не менее, эксперимент на Черном море с использованием комплекса "Советник" доказал возможность достижения необходимого уровня доверительности на основе взаимного контроля с помощью дистанционных приборов.

Мы надеемся опубликовать в ближайшем будущем более полное описание нейтронного детектора "Советник".

Таблица 1

Вертолет на расстоянии 30 м от корабля

Зона	Расстояние до кормы, м	Длительность измерений, сек.	Скорость счета, сек. <sup>-1</sup>	Полезный сигнал, сек. <sup>-1</sup>	Порог обнаружения, $3\sigma$ , сек. <sup>-1</sup>	Результат
0	0-17.59	14	14.07	1.28	2.25	нет
1	37.45	10	14.20	1.40	2.60	нет
2	56.17	11	13.36	0.41	2.49	нет
3	74.85	10	14.90	1.85	2.60	нет
4	92.88	8	13.63	0.66	2.89	нет
5	111.83	10	13.90	1.00	2.60	нет
6	130.11	13	13.54	0.71	2.32	нет
7	150.29	11	20.18	6.87	2.49	да
8	166.91	7	16.71	2.85	3.07	нет
9	187.00	13	15.85	2.33	2.32	возможно

Таблица 2

Вертолет на расстоянии 76 м от корабля

Зона	Расстояние до кормы, м	Длительность измерений, сек.	Скорость счета, сек. <sup>-1</sup>	Полезный сигнал, сек. <sup>-1</sup>	Порог обнаружения, $3\sigma$ , сек. <sup>-1</sup>	Результат
0	0-17.77	8	13.50	1.95	2.71	нет
1	37.76	9	12.22	0.41	2.57	нет
2	55.99	8	11.63	0.86	2.72	нет
3	74.39	8	10.63	-0.03	2.72	нет
4	92.89	8	10.88	0.30	2.72	нет
5	111.39	8	11.75	1.21	2.72	нет
6	131.47	9	11.44	0.88	2.58	нет
7	149.24	8	13.25	2.92	2.73	да
8	169.23	9	11.56	1.21	3.58	нет
9	187.00	8	11.50	1.26	2.72	нет

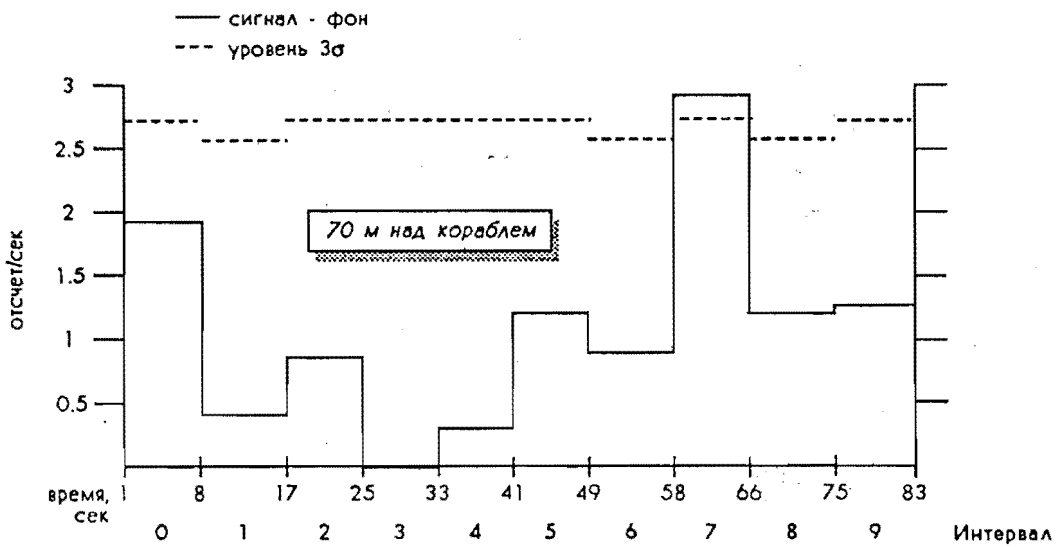
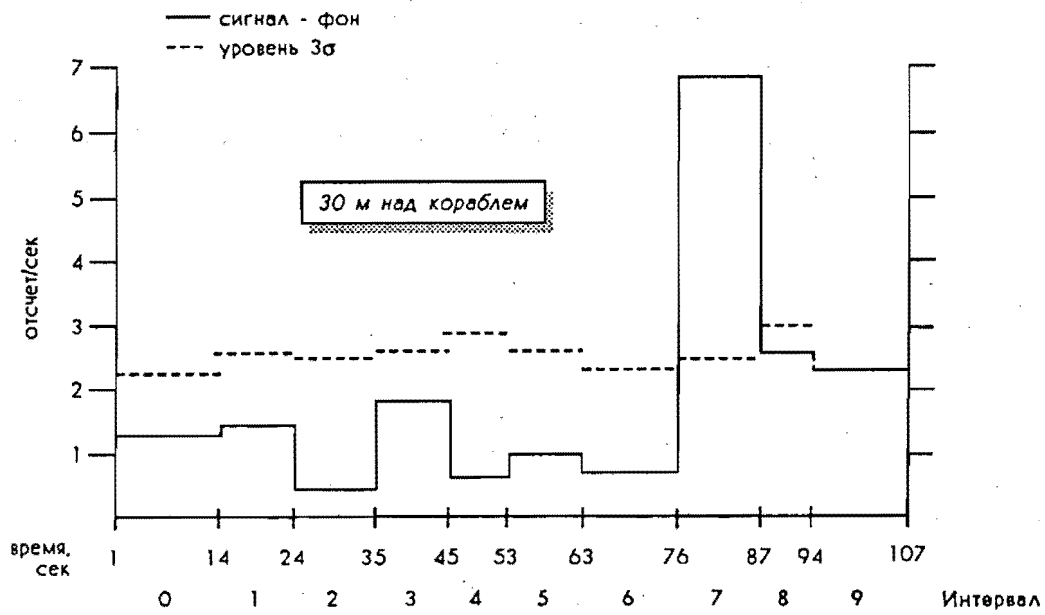


Рисунок 3

Сводка результатов измерений (см. также табл. 1 и 2).  
 Вертолет находился на расстоянии 30 м (вверху) и 76 м от корабля (внизу).  
 Ракета находилась в носовой пусковой установке.