

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЯВЛЯЮЩИХСЯ ЯДЕРНЫХ СТРАН ПРИМЕНЯТЬ РАКЕТЫ ДЛЯ ДОСТАВКИ ОРУЖИЯ

Ли Бин

Автор работает в Институте прикладной физики и вычислительной математики (Пекин).

ВВЕДЕНИЕ

Если неядерное государство собирается изготовить ядерное оружие, оно должно выполнить следующее:

- (i) провести исследования по конструкции ядерного оружия;
- (ii) получить достаточное количество делящихся веществ, применяемых в оружии;
- (iii) скомпоновать свое ядерное оружие на своих средствах доставки (самолетах или ракетах).

Третий шаг иногда называют приданием ядерным устройствам оружейного вида.

Были предприняты международные меры для противодействия разным видам деятельности, связанной с приобретением ядерного оружия. Возможности неядерных стран-членов Договора по нераспространению ядерного оружия (ДНЯО) производить ядерное оружие ограничены их согласием на помещение своих делящихся веществ под контроль Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), а передача ракетного потенциала третьему миру ограничена режимом контроля за ракетными технологиями (РКРТ). Но нет эффективного способа помешать неядерной стране конструировать отдельные виды ядерного оружия.

Считается, что нарушитель может только на основе опубликованной информации и при наличии определенного уровня научного потенциала (что можно найти во многих странах) спроектировать бомбу на чистом делении и быть в значительной степени уверенным в ее способности сработать без всякого ядерного испытания¹. В данной статье на основе некоторых наблюдений за опытом и умением потенциальных нарушителей в соответствующих областях изучаются их возможности придать своим ядерным устройствам характер оружия.

Существуют три типа систем, способных доставлять ядерное оружие на значительные расстояния: самолеты, баллистические ракеты и крылатые ракеты. Баллистические ракеты имеют преимущество преодоления средств ПВО противника с высокой надежностью - их предпочитают некоторые страны третьего мира частично по этой причине. В самом деле, почти все появившиеся ядерные страны имеют баллистические ракеты, по крайней мере, малой дальности. Наоборот, крылатые ракеты большой дальности не являются непосредственно реальными для большинства появляющихся ядерных стран третьего мира, так что мы не будем их рассматривать. У ряда появившихся ядерных стран есть высококачественные самолеты, которые можно использовать для ядерных программ. Но поскольку возможности доставки ядерного оружия отдельными самолетами не вызывают сомнения, мы также не будем обсуждать самолеты в данной статье. Наша цель - это баллистические ракеты.

Если страна хочет установить ядерное оружие на ракету, то вес, размеры и форма оружия должны соответствовать возможностям ракеты.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОРУЖИЯ, СПОСОБНОГО К ДОСТАВКЕ

Пять заявленных ядерных держав. Первое американское ядерное оружие, которое можно было доставить на ракете, помещалось в боеголовке Mk-5 и весило 1400 кг. Семь лет прошло со времени первого американского ядерного испытания до того момента, когда боеголовка Mk-5 вошла в ядерный арсенал². За этот период США

провели более 30 ядерных испытаний. Не все они были связаны с улучшением конструкции Mk-5, поскольку в США в это время производились и другие типы ядерного оружия, а отдельные испытания были использованы для изучения воздействия оружия.

Первая советская ракета с ядерным оружием СС-3 была принята на вооружение в 1955 г. через 6 лет после первого советского испытания ядерного оружия. За этот период в СССР было проведено около десяти испытаний. Вес полезной нагрузки СС-3 неизвестен, но следующая модель СС-4 имела полезную нагрузку 1300-1400 кг³.

Англия создала свою небольшую ядерную бомбу в конце 50-х гг. На это потребовалось около семи лет и более 10 испытаний после первого английского взрыва. Вес бомбы составил около 900 кг. Поскольку Англия начала строить ракеты гораздо позже, она поначалу устанавливала свое ядерное оружие только на своих бомбардировщиках⁴.

Первая французская легкая боеголовка AN 11 (1500 кг) прошла начальное испытание в 1962 г. через два года после первого французского ядерного взрыва. Испытание AN 11 было шестым французским испытанием⁵.

Четвертое китайское ядерное испытание было проведено с ядерной боеголовкой, приспособленной для ракеты DF-2. Оно состоялось через два года после проведения первого китайского испытания. Полезная нагрузка ракеты DF-2 составила 1500 кг⁶.

Эти сведения указывают на следующее: (1) странам, позднее начавшим свои ядерные программы, потребовалось меньше времени и меньше испытаний, чтобы получить ядерные боеголовки для баллистических ракет; (2) вес всех первых образцов ядерного оружия, способных доставляться ракетами, составлял около 1500 кг, за исключением Англии, где он оказался на треть меньше.

Швеция. Швеция начала свои исследования по принципам ядерных реакторов вскоре после окончания второй мировой войны, а первый опытный реактор R1 начал работать в 1954 г.

Шведская программа ядерного оружия была раскрыта в 1985 г., через много лет после ее прекращения. Секретная шведская программа ядерного оружия началась в конце 40-х гг. и расширила свои рамки в начале 50-х гг. К 1958 г. у Швеции была конструкция своего первого ядерного оружия. Шведские ученые по несколько раз испытывали все ключевые компоненты оружия (кроме ядерного блока) до тех пор, когда в 1968 г. ядерная программа полностью была прекращена, и у них появилась большая уверенность в том, что оружие сработало бы. Конструкция шведского ядерного оружия была основана на принципе имплозии с использованием плутония для делящейся сердцевинки. В соответствии с проектом устройство весило 600 кг и обладало мощностью 20 килотонн⁷.

Южная Африка. Южная Африка начала свои ядерные научные исследования в конце 40-х гг. и значительно увеличила усилия в конце 50-х гг. В 1961 г. она закупила американский легководный реактор под названием SAFARI-1. В 1967 г. вступил в действие ее второй исследовательский реактор, спроектированный и изготовленный в Южной Африке⁸.

Южноафриканская программа ядерного оружия формально началась в конце 60-х гг. В период 1974-76 гг. Южноафриканский совет по атомной энергии провел ряд лабораторных испытаний для изучения ядерного устрой-

ства ствольного типа. В 1977 г. было создано первое ядерное устройство ствольного типа, но его запланированное испытание в пустыне Калахари было отменено в результате давления международной общественности. В 1978 г. было изготовлено второе, меньшее по размерам устройство, но ему так и не придали оружейный характер. К 1989 г. (или к 1990 г.), когда южноафриканская программа ядерного оружия завершилась, были изготовлены еще четыре более надежных образца ядерного оружия, а седьмое устройство уже стояло на сборке. Всех их можно было доставлять на самолетах-бомбардировщиках. Все семь образцов южноафриканского ядерного оружия были устройствами ствольного типа с почти одинаковой конструкцией, но в нескольких последних были сделаны обстоятельные изменения для увеличения их надежности. В каждом устройстве содержалось около 55 кг высокообогащенного урана, полный вес устройства составлял примерно 900 кг, диаметр равнялся 0,64 м, а длина - 1,83 м⁹.

Ирак. Ирак начал свои ядерные исследования в 60-х гг. Его первый ядерный реактор ИРТ-5000, закупленный в СССР, вступил в действие в 1968 г. Ядерные исследования Ирака значительно расширились в середине 70-х гг. после того, как он закупил французский реактор. Впрочем реактор был разрушен в результате авиационного удара со стороны Израиля в 1981 г. как раз перед запуском. Сам Ирак никогда не проектировал реакторы, но он обучал свой технический персонал на импортных реакторах и в ряде западных стран¹⁰.

Иракская программа ядерного оружия заметно выросла в начале 80-х гг. Группа инспекторов ООН в Ираке обнаружила, что он добился значительного прогресса в обогащении урана и разрабатывал бомбу имплозивного типа с урановой сердцевиной в тот момент, когда программа была прервана войной в Персидском заливе. Вероятно, иракцы надеялись также разработать устройство с делением, усиленным внутренним нейтронным (d,t)-источником. Основные вычисления и испытания химической взрывчатки выполнялись в Ираке, но практическая конструкция оружия имплозивного типа не была завершена до войны в Персидском заливе¹¹.

Проекты ядерного оружия в Швеции, Южной Африке и Ираке находились на разных стадиях к моменту прекращения их программ ядерного оружия. Швеция сконструировала легкие (600 кг) ядерные устройства имплозивного типа. Этот успех связан с большим научным и техническим потенциалом Швеции. Южная Африка создала ядерные устройства ствольного типа с весом 900 кг. У нее также был большой потенциал ядерных исследований, в пользу чего говорит тот факт, что Южная Африка сумела спроектировать свой собственный ядерный реактор уже в 1967 г. У Ирака относительно короткая история ядерных исследований. Это одна из причин того, почему он не смог окончить проектирование оружия до войны с Кувейтом.

Ядерный реактор - это не только потенциальный источник ядерного материала, но и место для обучения специалистов по ядерному оружию. Ряд общих технологий применяются при проектировании как реакторов, так и оружия. Опыт использования и проектирования ядерных реакторов мог бы по этой причине оказаться технически выгодным для усилий по проектированию оружия.

Швеция, Южная Африка и Ирак - это реперы для оценки возможностей других появляющихся ядерных стран спроектировать ядерное оружие. Путем сравнения возможностей проектирования реакторов и опыта потенциальной страны-нарушителя с соответствующими характеристиками указанных выше стран можно сделать обоснованные предположения о возможностях данной страны спроектировать ядерное оружие.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Делящиеся вещества и конструкция ядерного оружия. Оружие с использованием деления можно разделить на два класса: ствольного и имплозивного типа. В устройстве ствольного типа самоподдерживающаяся цепная реакция достигается сведением вместе двух или

более кусков подкритичного ядерного материала для образования критической массы. В устройстве имплозивного типа критичность достигается сжатием делящейся сердцевины до более высокой плотности.

Плутоний не подходит для устройств ствольного типа, у которых время на формирование сборки превышает аналогичное время у имплозивных устройств, из-за большой интенсивности нейтронов от спонтанного деления Pu-240 даже в плутонии оружейного качества (эти нейтроны могут привести к раннему подрыву и тем самым к значительному уменьшению мощности взрыва). Высокообогащенный уран можно использовать в устройствах ствольного и имплозивного типа в качестве материала для делящейся сердцевины. Конструкция имплозивного устройства технически более сложна по сравнению с устройством ствольного типа, но для имплозивного устройства требуется меньше урана, чем для ствольного. Поэтому некоторые появляющиеся ядерные страны разрабатывали устройства имплозивного типа в связи с очень ограниченными возможностями получать уран с высокой степенью обогащения.

Если основываться на опыте стран, обладающих ядерным оружием, то устройства обоих типов можно сделать достаточно малыми, чтобы доставлять их к цели ракетами. Но появляющаяся страна с ядерным оружием вряд ли будет иметь такие же возможности, как США или Россия, чтобы спроектировать очень компактные боеголовки.

РКРТ определил в качестве ракет, способных нести ядерное оружие, ракеты с полезной нагрузкой свыше 500 кг и дальностью свыше 300 км. Это определение основано на предположении, что появляющаяся ядерная страна не сможет создать ядерные боеголовки весом менее 500 кг.

Устройство имплозивного типа. В 1990 г. Феттер и др. воспользовались простой моделью гипотетической взрывчатки на делении имплозивного типа с весом и размерами, типичными для легких боеголовок из американского и советского арсеналов, чтобы оценить нейтронное и гамма-излучение от таких боеголовок. Эта гипотетическая взрывчатка весила 130-180 кг и имела радиус 0,21-0,23 м, что находится в разумном согласии с известной информацией о современных американских боеголовках¹².

Первое американское ядерное взрывное устройство было испытано на площадке Тринити (штат Нью-Мексико) в 1945 г. У него была плутониевая сердцевина весом 6,1 кг, которая сжималась химической взрывчаткой общим весом 2300 кг. Бомба "Толстяк" той же конструкции, сброшенная на Нагасаки, весила 4900 кг и имела диаметр 1,52 м¹³. Если сравнивать с использованной Феттером моделью, то количество плутония в "Толстяке" было примерно таким же, но вес химической взрывчатки оказался раз в 30-40 больше. Большое количество обычной взрывчатки в ядерном оружии делает необходимым иметь крупную металлическую оболочку, которая добавляет оружию лишний вес. Поэтому основная задача для уменьшения веса ядерного устройства имплозивного типа состоит в уменьшении веса обычной взрывчатки.

Первые конструкторы ядерного оружия использовали большое количество химической взрывчатки по ряду причин. Прежде всего, эффективность передачи энергии от взрывчатки к ядерной сердцевине в первых конструкциях была значительно меньше, чем в современных. Ученые разработали несколько концепций, например конструкции левитирующего компонента делящегося материала и полый сердцевин, для повышения эффективности передачи энергии. Поэтому в современных конструкциях для получения заданной степени сжатия требуется меньше химической взрывчатки. Во-вторых, поскольку первые конструкторы, наверно, недостаточно хорошо знали, как долго можно поддерживать свежую критичность после начала развала сборки, они разработали консервативные конструкции, использующие больше обычной взрывчатки. В-третьих, дополнительная взрывчатка помогала компенсировать другие неопределенности ранних конструкций.

Конструкторы в стране, где ядерное оружие появи-

лось позже, имеют более благоприятные условия для проектирования более легких образцов оружия. Они знают из открытой литературы, насколько малым может быть ядерное оружие, и это устанавливает для них цель в процессе стараний уменьшить количество обычной взрывчатки в устройстве. Открытая литература может также помочь экспертам по оружию в стране-нарушителе использовать более передовые концепции для своих начальных конструкций. Таким образом они могут добиться меньшего веса даже у самого первого устройства по сравнению с первыми типами ядерного оружия в пяти заявленных ядерных державах.

Многие неопределенности при проектировании ядерного оружия можно прояснить при неядерных испытательных взрывах. Например, гидродинамические эксперименты могут помочь конструкторам оружия понять, возможно ли устройство достигнуть сверхкритичного состояния. Путем использования неядерных взрывных испытаний конструкторы могут уменьшить количество обычной взрывчатки в устройстве до тех пор, пока неопределенности конструкции не повлияют на их уверенность. Хотя конструкторы не могут оптимизировать конструкцию из-за отсутствия ядерных испытаний, они могут добиться уверенности в том, что их оружие будет работать с, по крайней мере, минимальной мощностью.

Устройство ствольного типа. Боеголовка ствольного типа может весить около 100 кг. Например, американская боеголовка W33 весит 114-135 кг, имеет диаметр 0.40 м и длину 0.94 м. Эта боеголовка настолько мала, что ее можно запустить артиллерийским орудием¹⁴.

Первое оружие ствольного типа "Малыш", изготовленное в США во время второй мировой войны, было гораздо больше и тяжелее. Его длина составляла 3.05 м, а диаметр - 0.71 м; оно весило 4000 кг. Оно содержало 60 кг высокообогащенного урана¹⁵. В конструкции "Малыша" значительный вес отводился на химическую взрывчатку и поршень¹⁶.

Южноафриканские конструкторы уменьшили вес своих ядерных устройств в четыре раза, а объем - вдвое по сравнению с "Малышом", хотя количество высокообогащенного урана в южноафриканских устройствах было таким же, что и в бомбе "Малыш". Южноафриканские ученые использовали не такой большой поршень и меньше обычной взрывчатки. Средняя плотность всей южноафриканской бомбы составляла всего около 1.68 г/см³, что меньше даже плотности взрывчатки (1.9 г/см³). Это означает, что южноафриканцы все еще сохранили большой пустой объем в стволе, чтобы получить высокую конечную скорость для подкритичных урановых компонентов. Если сравнивать с боеголовкой W33, то еще остается много возможностей для уменьшения веса и объема южноафриканских бомб путем использования еще меньшего количества обычной взрывчатки или путем сокращения длины ствола.

Вот так опубликованные данные могли бы помочь конструкторам в позднее появляющихся ядерных странах сделать более легкие по весу и меньшие по размеру боеголовки ствольного типа для ракет

ВОЗМОЖНОСТИ "ЯДЕРНЫХ ДЕ-ФАКТО" СТРАН СОЗДАТЬ ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

Израиль. Программа ядерного оружия началась в Израиле с 1956 г. Его первый ядерный реактор IRR-1, поставленный американцами, стал работать в 1960 г. Второй реактор французской конструкции вошел в строй в 1963 г. Мощность этого реактора была увеличена израильтянами в начале или середине 70-х гг.¹⁷ Это означает, что к тому времени Израиль овладел технологией проектирования ядерных реакторов. Основное усилие Израиля было направлено на производство плутония в качестве делящегося материала, пригодного для оружия, а это говорит о том, что израильское ядерное оружие является оружием импловизионного типа. Если сравнивать с шведским ядерным опытом, то Израиль должен был бы иметь возможность спроектировать ядерное оружие не тяжелее шведского (600 кг). Есть подозрения, что Израиль провел, по крайней мере, одно ядерное испытание

22 сентября 1979 г.¹⁸. Если это так, испытание могло помочь Израилю сконструировать даже более компактные устройства.

Считается также, что Израиль получил сведения о первом французском ядерном испытании в 1960 г., а также информацию о конструкции французского ядерного оружия в то же время. Как сообщается, Израиль получил доступ к информации об американских испытаниях с 50-х до начала 60-х гг., то-есть в тот период, когда США разрабатывали очень компактные боеголовки, например, W25 и W44¹⁹. Если Израиль имел значительный доступ к конструкции американского оружия, он мог бы спроектировать такие же легкие образцы оружия, как и американские.

Существуют разные оценки размеров и веса израильского ядерного оружия. Как следует из статьи в "Нью-Йорк Таймс" (24 января 1975 г.)²⁰, Израилю не было бы трудно разработать атомную боеголовку, устанавливаемую на американской ракете "Лэнс" с дальностью 110 км и полезной нагрузкой 450 кг. Другая статья в этой же газете (1 апреля 1986 г.) указывает, что вес израильских ядерных устройств меньше 750 кг²¹. В октябре 1986 г. лондонская "Санди Таймс" опубликовала длинную историю об израильской ядерной программе, основанную на откровениях израильского ядерного техника Мордехая Вануну. На основе показаний Вануну и фотографий бывший американский конструктор ядерного оружия Теодор Тэйлор пришел к заключению, что израильское ядерное оружие значительно меньше по сравнению с первыми типами, разработанными в пяти заявленных ядерных странах²². В некоторых сообщениях говорится даже, что у Израиля есть ядерная боеголовка длиной 0.61 м, диаметром 0.51-0.56 м и весом 103 кг²³. Этот размер и вес аналогичны параметрам очень компактных американских боеголовок.

Все эти сообщения указывают, что вес израильского ядерного оружия не будет превышать 500 кг или чего-то в этом роде. Это находится в согласии с фактами, что Израиль обладает, по крайней мере, столь же высоким потенциалом ядерных исследований, какой имела Швеция в 50-е гг, и что он имеет также доступ к данным о ядерном оружии ряда ядерных стран.

Израиль начал разрабатывать ракету "Иерихо-1" с помощью Франции в 60-х гг. Сейчас у него есть ракеты "Иерихо-1" и "Иерихо-2", а также носитель "Шавит" для вывода на орбиту спутников. Дальность "Иерихо-1" составляет 480 км с полезной нагрузкой 500 кг. Как сообщают, дальность "Иерихо-2" равна 1450 км или больше при полезной нагрузке 1000 кг²⁴. С помощью носителя "Шавит" Израиль вывел на орбиту два спутника весом 155 кг и 160 кг в 1988 и 1990 г. Считается, что носитель "Шавит", все ступени которого имеют диаметр 1.2 м, является модификацией ракеты "Иерихо-1"²⁵. Таким образом, "Иерихо-2" скорее всего будет иметь такой же диаметр. Вес плутониевого делящегося устройства диаметром 1.2 м лежит между 1800 кг и 2900 кг (см. рис. А.2). Это означает, что размер боеголовки с весом менее 1800 кг может подходить для установки как на "Иерихо-2", так и на "Шавит". Устройство с весом 500 кг будет иметь радиус в пределах 29-38 см, что гораздо меньше радиуса ракеты "Иерихо-2", и поэтому его можно без труда установить на эту ракету.

Ракета "Иерихо-2" могла бы долететь до большинства потенциальных соперников Израиля на Ближнем Востоке и в Северной Африке с полезной нагрузкой 1000 кг. Носитель "Шавит" также можно переделать в ракету. В проведенном сотрудником Ливерморской национальной лаборатории (США) анализе потенциальная дальность такой ракеты оценивается в 7500 км при полезной нагрузке 500 кг и в 4800 км при нагрузке 900 кг. В другом анализе приходят к заключению о возможностях такой ракеты перенести полезную нагрузку 500 кг на расстояние свыше 4800 км, а нагрузку 1000 кг на расстояние более 3200 км²⁶.

Итак, если принять, что израильские боеголовки весят 500 кг, Израиль сможет доставить их в любую часть Ближнего Востока и Южной Европы. Даже если бы боеголовки весили 1000-1500 кг, израильские ракеты с

ядерным оружием могли все еще покрыть всю территорию Ближнего Востока.

Индия. У Индии очень длинная история ядерных исследований. Небольшой ядерный реактор, сконструированный в Индии, начал действовать в 1956 г., двумя годами позже начала работы первого шведского ядерного реактора. С тех пор Индия сконструировала и построила несколько других реакторов. Как считается, ее программа ядерного оружия формально была начата в середине 60-х гг. Индия отказалась присоединиться к ДНЯО, заключенному в 1968 г., и тем самым сохранила за собой возможность создания ядерного оружия. В 1974 г. Индия провела свое первое и последнее ядерное испытание, которое она назвала "мирным ядерным взрывом". Бывший премьер-министр Индии Раджив Ганди намекнул в 1985 г., что Индия изготовила компоненты ядерного оружия и при желании могла бы собрать такое оружие достаточно быстро²⁷. У Индии нет крупномасштабной программы обогащения урана. Поэтому в конструкциях ее оружия используется плутониевая сердцевина, и это будет оружие имплозивного типа. В 1962 г. Индия создала Национальный совет по космическим исследованиям, а в 1969 г. - Индийскую организацию космических исследований для планирования, подготовки и исполнения своей деятельности в космосе. Она начала развивать четырехступенчатый носитель SLV-3 на твердом топливе в 1973 г. Носитель SLV-3 был использован для вывода на орбиту индийского спутника в 1980 г. Сейчас ведутся работы над некоторыми типами носителей с большей тягой и более тяжелыми полезными нагрузками. Индийская ракетная программа основана на космических исследованиях. Индия начала в 1983 г. оборонительную ракетную программу и в 1988 г. провела испытание своей первой баллистической ракеты "Притви" с дальностью 250 км и полезной нагрузкой около 1000 кг. В 1989 и 1992 гг. Индия испытывала ракету "Агни", дальность которой, как сообщается, составляет 1500-2500 км с полезной нагрузкой около 1000 кг. Недавно индийское правительство заявило о приостановке работ по программе "Агни". Но есть предложения о разработке в будущем нескольких других ракет²⁸.

Если сравнивать с пятью заявленными ядерными державами на ранней степени разработки ядерного оружия, то у Индии имеется доступ к большему объему опубликованной информации о конструкции ядерного оружия. Поэтому она должна бы суметь спроектировать ядерные боеголовки, которые можно разместить на ракетах, с меньшим числом ядерных испытаний, то-есть она могла бы иметь возможность создать боеголовку с весом 1500 кг или меньше, основываясь на результатах своего единственного ядерного испытания.

Индия, подобно Швеции, должна бы иметь возможность производства более легких ядерных боеголовок. Первый ядерный реактор в Индии появился почти в то же время, что и в Швеции, и индийские ядерные круги могли бы получить достаточную уверенность в относительно компактных конструкциях на основе неядерных испытательных взрывов с использованием данных от своего единственного ядерного испытания.

Сообщалось, что конструкция ракеты "Агни" основана на первой ступени (или первых двух ступенях) носителя SLV-3²⁹. Диаметры этих ступеней составляют 1 м и 0.8 м, соответственно, а третья ступень обладает диаметром 0.815 м³⁰. Таким образом, у ракеты "Агни" может быть возможность нести боеголовку диаметром 1 м. Плутониевая боеголовка в устройстве на чистом делении с весом 1000 кг может иметь радиус в пределах 39-49 см, или 47-56 см при весе 1500 кг (см. рис. А.2 в Приложении А). Итак, боеголовки, вес которых не превышает 1500 кг, могли бы по своим размерам подходить для ракеты "Агни".

Мы создали модель, основанную на параметрах первых двух ступеней носителя SLV-3, чтобы узнать максимальную дальность индийской ракеты "Агни" в зависимости от ее полезной нагрузки³¹. Параметры модели, а также подсчитанные значения дальности и полезной нагрузки приведены в табл. 1 и 2³².

В пределах дальности индийской ракеты "Агни" мог-

ла бы оказаться почти вся территория Пакистана независимо от того, из какой части территории Индии производится запуск. Ракета могла бы достичь почти всех китайских городов, если ее запускать из восточной части Индии. Если бы дальность ракеты "Агни" уменьшить до 1500 км из-за использования тяжелой боеголовки с весом 1500 кг, она могла бы все еще достичь центрального Китая при запуске из восточной Индии или же ряда крупных городов на юго-западе Китая при запуске из центральной Индии. Если бы Индия могла изготовить легкие боеголовки с весом до 500 кг (это определение РКРТ), то ракеты "Агни" имели возможность покрыть Ближний Восток.

Табл.1: Параметры, использованные в модели.

	Нагрузка (кг)	Топливо (кг)	Уд. имп. (сек)	Время (сек)
I ст.	10400	8660	253	49
II ст.	4800	4000	267	40

Табл.2: Оценки дальности и полезной нагрузки для ракеты "Агни".

Нагрузка (кг)	Дальность (км)
500	2600
1000	2000
1500	1500

Пакистан. Первый исследовательский реактор в Пакистане (его поставили США) начал действовать в 1965 г. Программа ядерного оружия появилась в начале 70-х гг. Поскольку Пакистан, как и Индия, не вступил в ДНЯО, он сохранил возможность разработки ядерного оружия. Общественность узнала о пакистанских усилиях приобрести ядерные устройства в середине 70-х гг. Ядерная программа Пакистана расширилась в начале 80-х гг., когда США были заняты советским вторжением в Афганистан. Завод по обогащению урана в Кахуте начал в этот период производить продукт. Бывший пакистанский президент Зия подтвердил в 1987 г., что Пакистан достиг потенциала производства ядерного оружия³³.

Поскольку основные усилия Пакистана в производстве делящихся материалов были сосредоточены на получении высокообогащенного урана, у него имеется возможность изготавливать ядерные устройства либо ствольного, либо имплозивного типа.

Официальные представители США много раз говорили уже с начала 80-х гг., что Пакистан получил достоверную конструкцию оружия из Китая. Говорилось, что эта конструкция использовалась при четвертом китайском ядерном испытании. Судя по сообщениям, в таком устройстве имплозивного типа требуется иметь 15-20 кг урана оружейного качества³⁴. Как говорят, использованная при четвертом китайском ядерном испытании боеголовка весила около 1500 кг с учетом всей упаковки³⁵.

Так как потенциал ядерных исследований в Пакистане выше, чем в Ираке до начала войны в Кувейте, Пакистан должен бы иметь возможность сконструировать устройства имплозивного типа. Но потенциал Пакистана в конструировании ядерных реакторов, вероятно, не столь велик, как у Швеции, когда она в 50-х гг. развивала свое ядерное оружие. Поэтому для Пакистана окажется затруднительным одному самому разработать ядерную боеголовку, которая оказалась бы значительно легче шведской. Даже если бы пакистанские устройства основывались на упомянутой выше китайской конструкции, предстоит еще долгий путь от устройств весом 1500 кг до устройства весом 500 кг или меньше. Один из аналитиков заявил, что Пакистану, по-видимому, понадобится несколько лет для создания бомбы после того, как он получит ее проект³⁶.

Если Пакистан столкнется со слишком большим числом технических трудностей при проектировании легкого устройства имплозивного типа, он мог бы вместо этого выбрать устройство ствольного типа с таким же примерно весом, как и у южноафриканского устройства. Оружие такого типа весит где-то около 1000 кг.

Неясно, когда Пакистан начал свою ракетную программу. Он утверждал в 1989 г., что имеет две ракеты: "Хатф-I" и "Хатф-II". Судя по сообщениям, Китай позднее поставил Пакистану ракеты М11³⁷. Каждая из трех упомянутых ракет имеет полезную нагрузку 500 кг. Их дальности, соответственно, составляют 80, 280 и 300 км. Диаметр ракеты "Хатф-II" равен 0.55 м³⁸.

Если Пакистан собирается достигнуть своими ракетами Дели или других близлежащих индийских городов, ему пришлось бы увеличить дальность своих ракет, по крайней мере, до 400 км. Ни одна из упомянутых выше ракет не может пролететь так далеко без уменьшения полезной нагрузки. Но непохоже, что Пакистан сможет создать ядерные боеголовки с весом много меньше 500 кг. Поэтому ракетно-ядерный потенциал Пакистана имеет, вероятно, во многом символический характер. Впрочем у Пакистана есть самолеты, способные донести ядерное оружие до целей в Индии.

Как сообщается, Пакистан разрабатывает ракеты с дальностью 600 км и нагрузкой до 500 кг³⁹. Это стало бы значительным шагом вперед к стратегически важному ракетно-ядерному потенциалу.

ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ В СТРАНАХ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ОПАСЕНИЯ

Корейская народно-демократическая республика. В 1965 г. Северная Корея получила первый небольшой ядерный реактор из Советского Союза, который начал работать где-то до начала 70-х гг. Другой небольшой ядерный реактор, возможно, спроектированный самими корейцами, стал действовать с 1987 г. В конце 80-х гг. строились два крупных энергетических реактора. Все это наводит на мысль, что Северная Корея овладела проектированием реакторов⁴⁰.

Неясно, когда Северная Корея формально начала свою программу ядерного оружия. Некоторая деятельность, близкая связанная с разработкой ядерного оружия, стала очевидной в начале 80-х гг. В эту деятельность входили строительство завода по переработке отработанного топлива для получения плутония и проведение испытаний с химической взрывчаткой того типа, который используется при конструировании ядерного устройства имплозивного типа⁴¹.

Северная Корея произвела некоторое количество плутония оружейного качества после разгрузки активной зоны своего первого небольшого реактора в 1989 г. Оцениваемые количества выделенного плутония лежат в диапазоне от 0.1 кг (эта величина сообщается Северной Кореей) до верхней границы в 7-14 кг. В соответствии со своим соглашением с Соединенными Штатами в 1994 г. Северная Корея не сможет больше получать плутоний оружейного качества, потому что она согласилась заморозить активность по переработке отработанного топлива и поместить топливные стержни на длительное хранение⁴².

ЦРУ полагает, что северокорейские ученые не получили никакой помощи по технологии ядерного оружия ни от России, ни от Китая. По оценкам ЦРУ, Северная Корея может иметь только имплозивное устройство первого поколения, а его масса, согласно возможностям Северной Кореей, будет находиться, вероятно, между 500 и 1000 кг⁴³. В отличие от ядерных де-факто стран Северная Корея много раз заявляла, что у нее нет ни намерений, ни возможностей производить ядерное оружие. После подписания соглашения с США в 1994 г. по замораживанию части ее ядерной деятельности потенциал Северной Кореей по производству ядерного оружия оказался в значительной степени ограниченным.

Если сравнивать уровень северокорейского опыта по проектированию ядерных реакторов со шведским и южноафриканским на момент, когда они развивали свое ядерное оружие, то следовало бы заключить, что Северная Корея потенциально могла бы создать ядерные устройства с весом, не сильно превышающим 1000 кг.

Северная Корея получила ракеты "Скад" советской конструкции и переделала их в три независимых варианта. Все они имеют один и тот же диаметр 0.88 м, а

дальности - 300, 340 и 500 км с полезными нагрузками 1000, 1000 и 700 кг, соответственно⁴⁴. В соответствии с оценками ЦРУ, ракеты типа "Скад" не смогут нести устройства северокорейской конструкции с весом 500-1000 кг⁴⁵. Впрочем, для для ракеты "Скад-Б" нет проблемы доставить боеголовку с такой массой. Другую заботу вызывает размер подобного устройства. Плутониевое устройство имплозивного типа с весом 1000 кг имеет диаметр в диапазоне 0.79-0.98 м, а диаметр ракеты "Скад" составляет 0.88 м (см. рис. А.2 в Приложении А). Поэтому наш вывод состоит в том, что устройство весом 1000 кг может потенциально подойти под ракету типа "Скад", хотя и с натяжкой. Если вес устройства опустится ниже 1000 кг, совмещение не станет проблемой. Ракеты Северной Кореи типа "Скад" могли бы достичь многих южнокорейских городов, но не территории Японии. Северокорейская ракета "Нодонг", которая, впрочем, еще находится в стадии разработки, может иметь диаметр 1.3 м и дальность полета до 1000 км при полезной нагрузке 1000 кг⁴⁶. Эта ракета смогла бы доставить ядерные боеголовки северокорейской конструкции до ряда крупных японских городов. Даже если Северная Корея смогла бы спроектировать ядерное устройство весом только 1500 кг, ракета "Нодонг" все еще будет иметь возможность доставить его на расстояние свыше 800 км⁴⁷, что превышает расстояние между Северной Кореей и отдельными районами Японии.

Если соглашение 1994 г. между США и Северной Кореей сможет выполняться, то у Северной Кореей не останется возможности производить ядерное оружие. Поэтому ее ракеты нельзя будет использовать для ядерных программ, если только Северная Корея уже не выделила достаточно плутония для одной или двух боеголовок.

Иран, Ливия, Алжир и Сирия. Первый ядерный реактор в Иране начал действовать в 1967 г., в Алжире - в 1989 г., а в Ливии - в 1981 г. До сих пор ни одна из этих стран не накопила опыта проектирования ядерных реакторов. В Сирии нет ни одной существенной ядерной установки⁴⁸.

Иран занялся приобретением более мощных ядерных реакторов и технологии обогащения урана⁴⁹. Однако многие полагают, что Иран не сможет произвести значительного количества делящегося вещества, используемого в оружии, до конца нашего века⁵⁰. Пока что эксперты МАГАТЭ не нашли фактов, свидетельствующих о программах военного производства или об отвлечении ядерных материалов из находящихся под контролем гражданских ядерных программ⁵¹. Это заставляет полагать, что иранская программа ядерного оружия (если она вообще существует) носит маломасштабный характер и находится на ранней стадии.

Ливийский руководитель - полковник Кадаффи, проявил сильную заинтересованность в приобретении ядерного оружия. Но у Ливии очень ограничены ядерные возможности и она добилась совсем небольшого прогресса в этой области⁵².

Пока что не найдено явных доказательств об исследованиях по ядерному оружию ни в Алжире, ни в Сирии.

Иран, Ливия и Сирия обладают ракетами, которые согласно определению РКРТ⁵³ способны нести ядерное оружие. Но ни у них, ни у Алжира нет более высокого потенциала ядерных исследований, чем у Ирака. Поэтому маловероятно, чтобы они оказались способными сконструировать ядерное оружие собственными силами, и даже еще менее вероятно, чтобы они смогли сконструировать ядерные боеголовки для своих ракет.

ВЫВОДЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На основе ядерного опыта пяти заявленных ядерных держав, а также Швеции, Южной Африки и Ирака мы можем сделать некоторые оценки возможности возникающих ядерных стран доставлять свое ядерное оружие ракетами. Похоже, что как Израиль, так и Индия имеют возможность доставлять ядерное оружие на расстояниях за пределы соседних с ними районов. Напротив, Пакистан еще нуждается в разработке ракет с более тяжелой полезной нагрузкой и большей дальностью (или в умень-

шении веса своих ядерных устройств), если он хочет иметь возможность доставлять ядерное оружие ракетами на большие расстояния. Северная Корея получает значительный ракетный потенциал для осуществления полетов с ядерным оружием к целям, расположенным даже в Японии. Но ее возможность производства ядерного оружия ограничена соглашением 1994 г. с США. Обстановка в Северной Корее будет зависеть от выполнения этого соглашения. Хотя Иран и другие, вызывающие тревогу страны обладают ракетами, способными нести ядерное оружие (согласно определению РКРТ), они, вероятно, не проектировали ядерные устройства. В Табл. 3 приводится сводка возможностей этих стран доставлять ядерное оружие ракетами.

Хотя ядерные устройства ствольного типа технически менее сложны и более удобны для доставки ракетами, большинство возникающих ядерных стран не могут принять этот вариант, поскольку они не в состоянии получить достаточно высокообогащенного урана. Поэтому ограничения на производство делящихся веществ, используемых в оружии, играют некоторую роль в задержке разработок возможностей доставки ядерного оружия рядом возникающих ядерных стран.

РКРТ - это важный режим для ограничения передачи ракет, способных нести ядерное оружие, и соответствующих технологий в появляющиеся ядерные страны третьего мира, но его еще надо преобразовать в договор для повышения эффективности. В настоящее время нельзя игнорировать серьезность передачи самолетов, способных нести ядерное оружие. Универсальный запрет на передачу всех систем доставки ядерного оружия помог бы помешать большинству возникающих ядерных стран разработать возможности доставки ядерного оружия.

Договор о всеобщем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) обсуждены подписан сейчас большинством появившихся ядерных стран. Он мог бы помешать многим из этих стран уменьшить веса и размеры их ядерных устройств в результате ядерных испытаний. Так что есть надежда, что ДВЗЯИ станет преградой для появившихся ядерных стран в разработке ими возможностей доставки своего ядерного оружия.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А
ВЫЧИСЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЯДЕРНОГО УСТРОЙСТВА
ДЕЛЕНИЯ ИМПЛОЗИВНОГО ТИПА
НА ОСНОВЕ ЕГО ВЕСА**

Детальная конструкция ядерного оружия засекречена, но сейчас известны общие характеристики оружия на делении. Феттер и др. создали теоретические модели ядерного оружия для расчета характеристик излучения от гипотетической ядерной взрывчатки на делении⁶⁵. Веса и размеры в моделях совместимы с тем, что известно о современных американских боеголовках. Так что это может помочь нам понять соотношение между размером и весом ядерного оружия.

В моделях Феттера делящаяся взрывчатка (или запал для термоядерной бомбы) представлена в виде последовательности концентричных сферических оболочек. Внутри расположен делящийся материал с внешним радиусом 7 см для урана оружейного качества (WgU) и 5 см для плутония оружейного качества (WgPu). В центре расположена сферическая полость с радиусом 5.77 см для WgU и 4.25 см для WgPu. Делящийся материал окружен слоем бериллия толщиной 2 см, который служит отражателем нейтронов. Затем идет поршень толщиной 3 см, сделанный либо из обедненного урана, либо из вольфрама. Далее следует слой химической взрывчатки толщиной 10 см. Предполагается, что взрывчатка тесно упакована в алюминиевом кожухе толщиной 1 см.

Модели Феттера соответствуют очень компактным ядерным устройствам. Появляющаяся ядерная страна может оказаться не в состоянии сконструировать столь малые устройства. Ее конструкторы оружия будут использовать больше химической взрывчатки для гарантии того, что устройство сработает. Предположим, что первые три слоя (делящееся вещество оружейного каче-

ства, нейтронный отражатель и поршень) устройства остаются теми же, но используется больше обычной взрывчатки. Для этого придется увеличить размер внешнего кожуха. Например, в первом американском ядерном взрывном устройстве было использовано 6.1 кг плутония (это примерно то же количество, что и в моделях Феттера). Но в нем было около 2300 кг обычной взрывчатки, что гораздо больше, чем в компактной боеголовке, и размер внешнего кожуха также был больше.

В моделях Феттера химическая взрывчатка находится в идеальной сферической оболочке и имеет минимальный вес. Форма реального кожуха может не быть сферической. Так что вес может быть больше веса для сферического случая при тех же значениях внутренних радиусов. Предположим, что полный вес реального кожуха больше, чем вес сферической оболочки, но превышает его не более, чем в 10 раз.

На основе этих предположений можно подсчитать вес имплозивного устройства данного радиуса. В моделях Феттера вес первых трех слоев (делящаяся сердцевина, отражатель и поршень) w_0 составляет 94 кг для уранового устройства и 58 кг для плутониевого устройства. Внутренний радиус слоя обычной взрывчатки r равен 12 см для уранового устройства и 10 см для плутониевого. Плотность взрывчатки ρ_b принимается равной 1.9 г/см³, а плотность алюминия ρ_a - 2.66 г/см³, толщина кожуха равна 1 см. Тогда вес сферического кожуха составит:

$$w_c(\text{кг}) = (4\pi\rho_a/3)[R^3 - (R-1)^3]/1000 \quad (\text{A.1})$$

где R - внешний радиус кожуха. Вес обычной взрывчатки равен

$$w_h(\text{кг}) = (4\pi\rho_b/3)[(R-1)^3 - r^3]/1000 \quad (\text{A.2})$$

Предполагается, что полный вес имплозивного устройства на делении лежит между значениями w_1 и w_2 :

$$w_1 < w < w_2 \quad (\text{A.3})$$

где

$$\begin{aligned} w_1 &= w_0 + w_h + w_c \\ w_2 &= w_0 + w_h + 10w_c \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

Результаты вычисления значений w_1 и w_2 представлены на рис.А.1 и на рис.А.2.

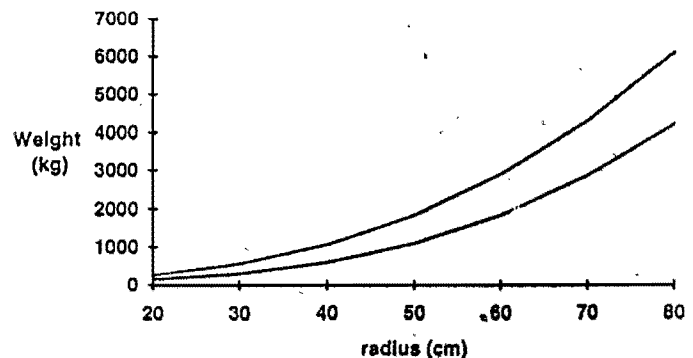


Рис.А.1: Максимальный и минимальный вес устройства имплозивного типа с урановым сердечником в зависимости от радиуса устройства.

Как показывают подсчеты, радиус бомбы "Толстяк" с весом 4900 кг может иметь значение, лежащее между 74 см и 84 см. Фактическое значение радиуса "Толстяка" составляет 76.2 см, что как раз попадает в указанный диапазон. Используя этот метод, можно также оценить размер имплозивных делительных боеголовок, изготовленных появляющимися в настоящее время ядерными странами.

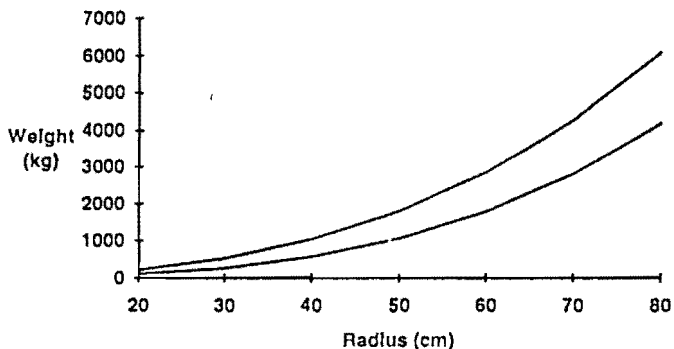


Рис.А.2: Максимальный и минимальный вес устройства имплозивного типа с плутониевым сердечником в зависимости от радиуса устройства.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор признателен д-ру Дэвиду Райту, профессору Фрэнку фон Хиппелю, а также д-рам Харольду Фейвсону и Олегу Бухарину за предложения и комментарии, направленные на улучшение данной статьи.

Автор также благодарит д-ров Джорджа Льюиса и Лизабет Гронлунд и профессора Теодора Постола за предоставление данных по некоторым ракетам и компьютерных программ для вычисления траекторий ракет.

ПРИМЕЧАНИЯ И ССЫЛКИ

1. Cochran, Thomas B. and Christopher E.Paine, The Role of Hydronuclear Tests and Other Low-Yield Nuclear Explosions and Their Status Under A Comprehensive Test Ban, (Natural Resources Defense Council, Inc., Washington DC, March 1995), p.3.
2. Cochran Thomas B. et al., Nuclear Weapons Databook, Vol.I, U.S. Nuclear Forces and Capabilities, (Ballinger Publishing Company, Cambridge, MA, 1984), p.7.
3. Cochran Thomas B. et al., Nuclear Weapons Databook, Vol.IV, Soviet Nuclear Weapons, (Harper & Row Publishers, New York, 1989), pp. 3.5,191,212.
4. Norris, Robert S. et al., Nuclear Weapons Databook, Vol.V, British, French and Chinese Nuclear Weapons, (Westview Press, Boulder, 1994), pp.55,400.
5. Там же, pp.406,185.
6. Там же, pp.333,378.
7. Spector, Leonard S., The Undeclared Bomb, (Ballinger Publishing Company, Cambridge, MA, 1988), p.320; Steve Coll, "Neutral Sweden quietly keeps nuclear option open", The Washington Post, (November 25, 1994), p.A1; Paul M.Cole, "Sweden Without the Bomb - The Conduct of a Nuclear-Capable Nation Without Nuclear Weapons", (RAND, Santa Monica, CA, 1994), p.31.
8. Walters, Ronald W., South Africa and the Bomb - Responsibility and Deterrence, (Lexington Books, MA, 1987), p.26.
9. Albright, David, "South Africa's Secret Nuclear Weapons", ISIS Report, (May 1994), pp.1-17.
10. Spector, Leonard S., Nuclear Ambitions, The Spread of Nuclear Weapons 1980-1990, (Westview Press, Boulder, 1990), pp.176-202.
11. Davis, Jay C. and David A.Kay, "Iraq's Secret Nuclear Weapon Program", Physics Today, (July 1992), pp.21-27; David Albright and Mark Hibbs, "Iraq and the Bomb: Were They Even Close?", The Bulletin of the Nuclear Scientists, (March 1991), pp.16-25; David Albright and Robert Kelley, "Has Iraq Come Clean at Last?", The Bulletin of the Nuclear Scientists, (November/December 1995), pp.55-64.
12. Fetter, Steven et al., "Detecting Nuclear Warheads", Science and Global Security, Vol.1, Nos.3-4, (1990) pp.225-302. (Имеется русский перевод: "Наука и

всеобщая безопасность", т.1, No.3, декабрь 1991 г., стр.3-28).

13. Cochran, Nuclear Weapons Databook, Vol.I, U.S. Nuclear Forces and Capabilities, pp.31-32.
14. Там же, p.47.
15. Там же, p.32.
16. Там же, p.32.
17. Spector, op.cit., Nuclear Ambitions, p.151.
18. Hersh, Seymour M., The Samson Option, Israel's Nuclear Arsenal and American Foreign Policy, (Random House, New York, 1991), p.271.
19. Spector, op.cit., The Undeclared Bomb, pp.151-152; Efraim Karsh et al. ed., Non-Conventional Weapons Proliferation in the Middle East, (Clarendon Press, Oxford, 1993), p.153.
20. John W.Finney, New York Times, (January 24, 1975), p.6.
21. Elaine Sciolino, "Documents Detail Israeli Missile Deal With Shah", New York Times, (April 1, 1986), p.A17.
22. Spector, op. cit., Nuclear Ambitions, p.354.
23. Там же, p.162.
24. "Missile and Space Launch Capabilities of Selected Countries", The Nonproliferation Review, Vol.2, No.3, (Spring-Summer 1995), p.205.
25. Isakowitz, Steven J., International Reference Guide to Space Launch Systems, (AIAA, Washington, 1991), p.67.
26. Spector, op. cit., Nuclear Ambitions, p.163.
27. Там же, p.66.
28. Neuneck, Goz, ed., Missile Proliferation, Missile Defense, and Arms Control - Proceedings of a Symposium held in Hamburg, (Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 1991), pp. 63,103,260; CBO Papers, The Future of Theater Missile Defense, (June 1994); Stephen Philip Cohen, ed., Nuclear Proliferation in South Asia, The Prospects for Arms Control, (Westview Press, Boulder, 1991), p.37.
29. Neuneck, op. cit., Missile Proliferation, Missile Defense, and Arms Control, p.64.
30. Isakowitz, op. cit., International Reference Guide to Space Launch Systems, pp.51-64.
31. Там же, p.56.
32. Компьютерная программа для расчета траекторий ракет была написана Лизбет Гронлунд и Дэвидом Райтом из Союза обеспокоенных ученых. Смотрите также статью Lisbeth Gronlund and David C.Wright, "Depressed Trajectory SLBMs: A Technical Evaluation and Arms Control Possibilities", Science and Global Security, Vol.3, (1992), pp.101-159. [Имеется русский перевод: "Наука и всеобщая безопасность", т.3, No.2, июль 1992 г., стр.25-64.]. Значения масс топлива m_f , времен выгорания t_b , импульсов I_{sp} и средней тяги T для первых двух ступеней ракеты SLV-3 приведены в международном справочнике по системам носителей³¹. Для первой ступени $T = 422$ кН, $t_b = 49$ с, $I_{sp} = 253$ с, $m_f = 8660$ кг. Для второй ступени системы таковы, соответственно: 267 кг, 40 с, 267 с и 3150 кг. Данные по второй ступени не согласуются между собой, не удовлетворяя формуле $T = m_f I_{sp} g / t_b$, где g - ускорение силы тяжести. Мы выбрали массу топлива равной 4000 кг, чтобы согласоваться с остальными данными по второй ступени. Полезная нагрузка ракеты "Агни" составляет, как сообщается, 1000 кг, а ее дальность с этой нагрузкой составит 1500-2500 км. Мы выбрали набор параметров, основанный на данных для ракеты SLV-3, чтобы получить модель ракеты с дальностью 2000 км при полезной нагрузке 1000 кг, и затем использовали эту модель для вычисления максимальной дальности такой ракеты при нагрузках 500 и 1500 кг (см. табл.2).
33. Spector, op.cit., Nuclear Ambitions, pp.89-97.
34. David Albright and Mark Hibbs, "Pakistan's Bomb: Out of the Closet", The Bulletin of the Atomic Scientists, (July/August 1992), pp.38-43.
35. Norris, op. cit., Nuclear Weapons Databook, Vol.V, British, French and Chinese Nuclear Weapons, p.333.
36. Albright, op. cit., "Pakistan Bomb: Out of the Closet",

- р.42.
37. Spector, op. cit., Nuclear Ambitions, p.206; Neuneck, Missile Proliferation, Missile Defense, and Arms Control, pp.258-259.
 38. "Missile and Space Launch Capabilities of Selected Countries", p.206; S.Chandrashekar, "An Assessment of Pakistan's Missile Capability", Missile Monitor, No.3, (Spring 1993), pp.4-11.
 39. Там же.
 40. Spector, op. cit., Nuclear Ambitions, p.139; Michael J.Mazarr, "Going Just a Little Nuclear, Nonproliferation Lessons from North Korea", International Security, Vol.20, No.2, (Fall 1995), pp.92-122.
 41. Mazarr, Michael J., "Going Just a Little Nuclear, Nonproliferation Lessons from North Korea", p.94; Yong-Sup Han, Nuclear Disarmament and Non-Proliferation in NorthEast Asia, (United Nations Institute for Disarmament Research, Geneva, 1995), p.29.
 42. Mazarr, "Going Just a Little Nuclear", p.97.
 43. Albright, David, "North Korean Plutonium Production", Science and Global Security, (1994), Vol.5, pp.63-87. [Имеется русский перевод: "Наука и всеобщая безопасность", т.5, No.1, май 1995 г. стр.31-40.]
 44. Wright, David C. and Timur Kadyshev, "An Analysis of the North Korean Nodong Missile", Science and Global Security, (1994), Vol.4, No.2, pp.129-160. [Имеется русский перевод: "Наука и всеобщая безопасность", т.4, No.2, июнь 1994 г., стр.3-20.]
 45. Albright, op. cit., "North Korean Plutonium Production", p.84.
 46. Wright, op. cit., "An Analysis of the North Korean Nodong Missile", p.132.
 47. Там же, p.142.
 48. Spector, op. cit., Nuclear Ambitions, pp.185,218; Karsh, Non-Conventional Weapons Proliferation in the Middle East, pp.146-147.
 49. Schwarzbach, David, Iran's Nuclear Program, Energy or Weapons, (Natural Resources Defence Council, Inc., September 7, 1995), pp.8-10.
 50. Albright, David, et al., World Inventory of Plutonium and Highly Enriched Uranium, 1992, (Oxford University Press, 1993), p.177.
 51. Schwarzbach, op. cit., Iran's Nuclear Program, Energy or Weapons, p.5.
 52. Spector, op. cit., Nuclear Ambitions, pp.177-180.
 53. "Missile and Space Launch Capabilities of Selected Countries", pp.204-206.
 54. Chandrashekar, op. cit., figure 3, p.11.
 55. Fetter et al., "Detecting Nuclear Warheads", p.259.

Табл.3: Сводка возможностей некоторых возникающих ядерных стран доставлять ядерное оружие

Ракета	Статус	Диаметр (м)	Возм. тип ЯУ	Макс. вес уст.ЯУ,кг ^а	Макс. вес дост.ЯУ,кг ^б	Районы доставки	Необх. дальн.	Спос. дост.ЯУ
Израиль								
Иерихо	На вооруж.	1.2	Имплоз.	1800-2870	1000	Бл.Вост., Сев.Африка Южн.Европа	1500	Да
Шавит	На вооруж. Носитель	1.2	Имплоз.	1800-2870	1000 ^с		3200	Да
Индия								
Агни	Испытана	1	Имплоз.	1070-1800	1500	Пакистан, Центр. и Южн. Китай	1500	Да
Пакистан								
Хафт-2	На вооруж.	0.55	Имплоз.	250-470	350 ^с	Ряд крупн. городов в Индии	>400	МалOVER.
Хафт-2	На вооруж.	0.55	Ствольн.	<1000 ^с	350		>400	МалOVER.
НДРК								
Модиф. Скад-Б	На вооруж.	0.88	Имплоз.	750-1300	1000	Ряд гор. в Ю. Корея Ю. Корея, часть Япон.	340	На пред.
Нодонг	Испытана	1.3	Имплоз.	2280-3350	1000		1000	Да
<p>а) Диаметр боеголовки не может быть больше диаметра несущей ее ракеты. Максимальный вес ядерного устройства означает в данном случае вес ядерного устройства с тем же диаметром, что у ракеты, помещенной в данной строке. Данные в этом столбце взяты из рис. А.2 в Приложении А.</p> <p>б) Указана дальность ракеты с полезной нагрузкой. Максимальный вес ядерного устройства, которое может нести ракета, означает в данном случае полезную нагрузку ракеты при дальности, указанной в данной строке.</p> <p>с) Разные специалисты дают разные данные. Мы используем те, которые приводят к минимальной дальности. Смотрите раздел об Израиле.</p> <p>д) Смотрите статью Чандрасекара⁵⁴.</p> <p>е) Южноафриканское устройство ствольного типа весит 1000 кг при диаметре 0.64 м - это больше, чем диаметр ракеты "Хафт-2".</p>								