

## СЛЕЖЕНИЕ ЗА КИТАЙСКИМИ СТРАТЕГИЧЕСКИМИ ПОДВИЖНЫМИ РАКЕТАМИ

*Ли Бин*

В этой статье анализируются подвижность, характеристики и выживаемость китайских подвижных ракет DF-31, а также возможность предлагаемой американской системы космического радаров постоянно следить за ними. Автор опирается на возможные оборонительные китайские стратегии и приходит к выводу, что выживаемость подвижных ракет DF-31 не гарантирована во время ядерного нападения с учетом громадного стратегического арсенала США. Но он также выражает сомнение относительно способности предлагаемой американской системы космического радаров постоянно следить за ракетами DF-31, если китайские вооруженные силы предпримут относительно простые меры противодействия. Ни Китай, ни США не могут быть полностью уверены в стратегическом преимуществе. Обе страны нуждаются в стратегическом диалоге для улучшения отношений по данному вопросу.

Ли Бин работает в Институте международных исследований университета Синьхуа, Пекин, Китай.

Статья получена редакцией 28 февраля 2006 г. и принята к опубликованию 17 января 2007 г. Автор благодарит Программу по науке и всеобщей безопасности в Принстонском университете за гостеприимство во время визита с июля 2005 г. по апрель 2006 г., который дал возможность подготовить эту статью. Автор благодарит профессора Фрэнка фон Хиппеля, д-ра Харольда Фейвесона и других сотрудников Программы, а также Дэвида Льюиса из Совета обеспокоенных ученых и Джорджа Льюиса из Программы изучения мира (Корнеллский университет).

Почтовый адрес для корреспонденций: Li Bin, Institute of International Studies, Tsinghua University, Beijing 100084, China. E-mail: [libin@mail.tsinghua.edu.cn](mailto:libin@mail.tsinghua.edu.cn)

### ВВЕДЕНИЕ

Отношения между Китаем и Соединенными Штатами остаются сложными. С одной стороны, обе страны развивают значительные торговые, культурные и образовательные обмены и сотрудничают по важным глобальным проблемам. Но имеют место споры и подозрения по другим вопросам, включающим Тайвань, и сохраняются сложные взаимоотношения по многим проблемам, включая и проблемы безопасности. Китай и США сотрудничают по вопросам ядерного нераспространения и борьбы с терроризмом, но их интересы не совпадают по вопросам размещения оружия в космосе, противоракетной обороны, подвижных ракет и разработке мер борьбы с подвижными ракетами.

Китай разрабатывает стратегические подвижные ракеты, а США в то же время разрабатывают возможности слежения за такими ракетами. Эти усилия приводят к обратным результатам и могут дестабилизировать взаимоотношения в области безопасности между двумя странами, если только стороны не попытаются прояснить мотивации и задачи подобных действий. Данная статья оценивает потенциальные возможности китайских стратегических подвижных ракет и американской техники, направленной на ликвидацию таких возможностей. В статье изучаются последствия для безопасности от игр типа «подвижность и борьба с ней» и приводятся политические рекомендации для укрепления стабильности во взаимоотношениях между Китаем и США.

В отличие от советско-американских отношений во время холодной войны, вопросы, касающиеся стратегических вооружений, играли незначительную роль в длительных и имеющих глубокие корни отношениях между Китаем и Соединенными Штатами. Однако это не предполагает, что следует игнорировать стратегические вооружения. Важность ядерного оружия может возрасти во время кризиса. Широко распространено убеждение, что проблема Тайваня может оказаться запалом, способным привести к серьезному военному противо-

стоянию и даже к военному конфликту между США и Китаем<sup>1</sup>. Стратегически важно сохранять мир в Тайваньском проливе, чтобы избежать военного противостояния Китая и США. Недавно предпринимались попытки для этого и был достигнут прогресс. Но риск военного противостояния Китая и США не может быть полностью исключен. Следует уделить внимание уменьшению дестабилизирующей роли стратегического оружия в случае возникновения противостояния.

Стратегическое оружие, в принципе, носит скорее психологический характер. Если рассматривать преднамеренное применение ядерного оружия, наиболее реальная угроза возникает от ошибочных стратегических расчетов и интерпретаций. Принимающие решение лица могут испытать искушение использовать стратегические угрозы для получения определенных политических результатов. Опасная ситуация возникнет, когда ответственные политики поверят, что растущее ядерное противостояние окажется благоприятным для их стороны, что затрудняет поиск компромисса во время военной конфронтации. Стремление к односторонней победе явится препятствием для каждой из сторон к достижению компромиссов, необходимых для разрешения кризиса.

Отдельные лица в США, континентальном Китае и на Тайване стремятся расширить свободу своих действий и полагают, что усиление своих соответствующих позиций послужит этим целям. Например, бывший тайваньский лидер Ли Тунху ожидает, что американское ядерное оружие, нацеленное на Китай, будет сдерживать военные действия Китая в случае объявления независимости Тайваня<sup>2</sup>. Некоторые граждане Тайваня хотят больше свободы, чтобы начать процедуру отделения, и верят, что американское ядерное оружие ускорит этот процесс. Политики понимают, что если тайваньские власти заявят о независимости даже формально, Китай может начать военные действия против Тайваня. Они обеспокоены, что обязательство США защитить Тайвань от такого нападения окажется недействительным. Они надеются, что американское превосходство в стратегических силах сдержит континентальный Китай от применения обычных вооруженных сил. Напротив, некоторые лица в континентальном Китае, например, генерал Джу Ченьду, полагают, что китайское ядерное оружие будет сдерживать США от вовлечения в конфликт в Тайваньском проливе<sup>3</sup>. Китайцы хотят иметь свободу для военных действий в ответ на любые тайваньские шаги к независимости. Генерал Джу опасается, что слабые китайские обычные силы могут потерпеть поражение от США при конфликте в Тайваньском проливе, и ожидает, что китайские стратегические силы сыграют основную роль в сдерживании. Как отметил Леонард Спектор<sup>4</sup>, «Многие американские аналитики, как внутри администрации президента Джорджа Буша, так и вне ее, надеются, что предлагаемая Америкой противоракетная оборона, уменьшающая возможности Китая нападать на территорию США, обеспечит Вашингтону больше свободы действий на тот случай, если Пекин применит силу, пытаясь поглотить Тайвань.» Эти аналитики не хотят, чтобы свобода США была ограничена эффектами сдерживания со стороны китайского ядерного оружия. Противоракетная оборона и борьба с подвижными ракетами – вот подходы, способные нейтрализовать сдерживающие эффекты китайского ядерного оружия<sup>5</sup>.

Хотя между Китаем и США не было формальных переговоров по вопросу противоракетной обороны, интенсивные дебаты между экспертами в прошлом<sup>6</sup> сделали этот вопрос доступным для общественности и лиц, принимающих решения, в обеих странах. Обсуждения технических возможностей и ограничений противоракетной обороны и мер противодействия послужили источниками информации для ответственных политиков и широкой публики как в Китае, так и в США. Продолжение серьезного диалога между экспертами по безопасности в двух этих странах может предотвратить стратегические просчеты и неправильные представления и тем самым внести вклад в двухстороннюю безопасность.

Соревнование между китайской разработкой стратегических подвижных ракет и усилиями США по созданию возможностей противодействия этим ракетам может стать другим важным фактором, определяющим стратегические расчеты в обеих странах. Общественность и ответственные политики в обеих странах должны правильно понимать технические возможности и выполнимость этих технических разработок, чтобы они не оказались основанием для нереальных ожиданий и не послужили причиной для излишнего реагирования на действия другой стороны.

В этой статье рассматривается, как такое соревнование может развернуться в течение следующих 10-15 лет, и обсуждается его последствия для безопасности. Китайцы верят, что разработка стратегических подвижных ракет является необходимой для обеспечения выжи-

ваемости своих стратегических сил. Общественности неизвестно, как и до какой степени подвижность внесет вклад в безопасность и выживаемость Китая. В данной статье оценивается выживаемость китайских подвижных ракет в условиях ядерного нападения на основе доступной информации, а также анализируются полные затраты на безопасность и преимущества разных методов для улучшения скрытности подвижности.

Выживаемость китайских подвижных ракет зависит не только от военных возможностей Китая, но также от аналогичных возможностей США. Возможности США разделяются на ударную способность и на данные, собранные разведкой. США обладают значительными стратегическими ядерными силами, но неизвестно, способны ли они обнаружить и отслеживать китайские стратегические подвижные ракеты. Если США уверены, что они способны успешно отследить все китайские стратегические подвижные ракеты, они могут быть уверенными, что могут подавить китайское ядерное возмездие. Одна из целей данной статьи заключается в анализе возможностей для отслеживания, которые обеспечат американские космические радары, которые могут быть развернуты в течение десяти ближайших лет.

### **РОЛЬ КИТАЙСКИХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПОДВИЖНЫХ РАКЕТ**

Соединенные Штаты уделяют большое внимание ядерным разработкам в Китае. В США существует много различных оценок китайской ядерной модернизации и ее последствий для безопасности. Эти оценки вызывают опасения в США<sup>7</sup>. Как полагают, основным эффектом от китайской ядерной модернизации заключается в разработке и развертывании твердотопливных, передвигающихся по дорогам ракет DF-31<sup>8</sup>, причем подвижность новых ракет класса DF-31 даст возможность этим системам действовать на большей площади, что затрудняет их обнаружение и нейтрализацию<sup>9</sup>. Некоторые эксперты<sup>10,11</sup> полагают, что китайская ядерная модернизация позволит выросшим возможностям Китая достигнуть правдоподобного минимального сдерживания. Правдоподобное ядерное сдерживание означает, что у Китая и его врагов имеется некий уровень уверенности, что некоторое количество китайского ядерного оружия способно выжить при первом ударе и может быть применено для удара возмездия. Китайская стратегия фиксированного базирования стратегических ракет заключается в создании неопределенностей относительно количества развернутых ракет. Если США знают количество и расположение этих ракет, то у них появляется уверенность в своей возможности уничтожить их. Но поскольку Китай не раскрывает числа таких ракет, то это затрудняет Соединенным Штатам исправить некоторые ошибки в своих оценках. Сдерживающий эффект китайского ядерного оружия вытекает из этой неопределенности. Китай, в свою очередь, не знает, насколько точно США оценивают количество и места расположения китайских ядерных ракет и поэтому не может оценить размер ответного удара. В данной статье исследуется, в какой степени развертывание стратегических подвижных ракет увеличит сдерживающий эффект китайских ядерных сил.

Более точно было бы рассматривать китайскую ядерную стратегию как направленную против использования ядерных сил, а не как минимальное ядерное сдерживание<sup>12</sup>. Основное различие между двумя этими стратегиями возникает из оценок вероятности первого ядерного удара с другой стороны. Теория ядерного сдерживания предполагает, что вероятность ядерного удара противника велика, если атакующая сторона становится уверенной в полном успехе, так что операционные ядерные силы для ответного удара должны поддерживаться в готовности все время, чтобы разубедить противника от удара. Стратегия ядерного противодействия предполагает, что использование угрожающего воздействия ядерного оружия – это то, чему надо противодействовать. Главная задача этой стратегии заключается в том, чтобы доказать противникам, что угроза применения ядерного оружия заслуживает доверия. В недавно появившейся статье двух американских исследователей Либера и Пресса приводится довод, что США имеют возможность уничтожить китайскую способность ядерного ответного удара ракетами большой дальности. Эта возможность способна дать руководству США рычаг для принуждения при любом будущем кризисе, когда ставки достаточно высоки<sup>13</sup>. В статье предполагается, что США могли бы применить ядерное принуждение, если Китай потеряет свою способность к ответному удару.

Выживаемость при ядерном ударе важна как для стратегии ядерного противодействия, так и для ядерного сдерживания. Как следует из теории ядерного сдерживания, если страна

понимает, что ядерное нападение на Китай вызовет некий ответный удар выжившего китайского ядерного оружия, она предпочтет не наносить удар. Выживаемость играет аналогичную роль и в стратегии ядерного противодействия. Если Китай сумеет показать, что часть его ядерного оружия сможет выжить при упреждающем ударе, угроза применения ядерного оружия против Китая больше не будет убедительной. Поэтому для других стран потеряет эффективность стратегия применения ядерного оружия против Китая в качестве инструмента принуждения.

Чтобы быть уверенным в минимальном сдерживании, от страны требуется иметь силы, непрерывно находящиеся в оперативной готовности и способные к нанесению ответного удара после нападения. Стратегия ядерного противодействия подчеркивает важность демонстрационной выживаемости в момент кризиса, а не поддержания ядерных сил в состоянии непрерывной тревоги. Представленный анализ основан на китайской стратегии ядерного противодействия.

Растущий американский разведывательный потенциал ослабляет усилия Китая сохранить количественную неопределенность относительно неподвижных стратегических ракет. Сдерживающий потенциал таких ракет уменьшается. В конечном итоге, США могут стать уверенными, что они точно оценили число китайских неподвижных стратегических ракет, если только не добавляются новые ракеты. Чтобы скомпенсировать эту падающую возможность сдерживания, Китай может разрабатывать стратегические подвижные ракеты. Важный вопрос связан с тем, позволят ли или нет подвижные ракеты увеличить сдерживающий эффект ядерных сил до более высокого уровня. Если несколько китайских стратегических подвижных ракет переживут первый удар, а остальные подвижные ракеты насытят остающиеся нападающие боеголовки, то китайские ядерные силы предоставляют эффективное сдерживание. Далее мы попытаемся понять, как подвижность осуществляет вклад в выживаемость, сосредоточившись на ракете DF-31.

## ПАКЕТА DF-31

Проведенная автором оценка выживаемости китайских стратегических подвижных ракет, использовавшая DF-31 в качестве иллюстрации, основана на следующих предположениях. Во-первых, Китай не имеет сейчас эффективной системы раннего предупреждения о ракетном нападении и не будет иметь такой системы в последующие 10-15 лет. Во-вторых, размер китайских стратегических подвижных сил будет находиться на том же уровне, что и размер неподвижных ядерных сил (примерно двадцать единиц).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ DF-31

Существует несколько описаний характеристик DF-31 (иногда ее называют CSS-9) – китайской ракеты, передвигающейся по дорогам (Таблица 1).

Приведенные в Таблице 1 данные отличаются друг от друга и являются неполными, так что оценка нуждается в характеристиках ракеты DF-31 и ее транспортно-заряжающей пусковой установки (ТЗПУ). На опубликованных фотографиях ТЗПУ DF-31 выглядит как буксируемый полуприцеп с восемью осями.

Ширина ТЗПУ DF-31 для определения размеров всех других относящихся к делу элементов используется в соответствии со снимками DF-31, опубликованными в Интернете<sup>14</sup>. Китайские правила устанавливают ширину 2.5 м как стандарт для буксируемых полуприцепов<sup>15,16</sup>. Поэтому предполагается, что ширина ТЗПУ DF-31 имеет ширину 2.5 м. Основываясь на этой величине, определяются остальные размеры: ракета имеет длину 14.3 м (из которых 13.2 м приходятся на отсек, заполненный твердым топливом) и диаметр 1.8 м; контейнер имеет длину 15.4 м и диаметр 2.2 м; полуприцеп – ширину 2.5 м, длину 18 м и высоту 3.1 м.

Ракета «Трайидент-1» (С-4) использована в качестве исходной для определения массы DF-31 методом подобия. Топливный отсек DF-31 имеет диаметр 1.8 м и длину 13.2 м, в то время как соответствующие размеры для ракеты «Трайидент-1» равны 1.88 м и 10.39 м. Масса ракеты «Трайидент-1» составляет при пуске 29.5 тонн, а дальность – 7400 км<sup>17</sup>, что почти совпадает с дальностью ракеты DF-31. Если допустить, что масса при запуске пропорциональна объему твердотопливного топлива ракеты, то пусковая масса ракеты DF-31 составит 34.4 тонн  $[29.5 \times (13.2 \times 1.82) / (10.39 \times 1.882)]$ .

Затем определяется масса ТЗПУ DF-31. Буксируемый полуприцеп CZ4260HF294 того же размера, что и буксируемая ракета DF-31, весит 9.12 тонн<sup>18</sup>, а полуприцеп ZCZ9402TJZP, который немного длиннее, чем прицеп для DF-31, весит 7.8 тонн<sup>19</sup>. Тогда предполагается, что ТЗПУ DF-31 обладает массой 16.9 тонн (9.12 т + 7.8 т).

Контейнер ракеты DF-31 имеет полную площадь поверхности 114 м<sup>2</sup> [2x3.14x(2.2/2)2 + 3.14x2/2x15.4]. Если допустить, что он изготовлен из стали с плотностью 7.8 т/м<sup>3</sup> и с толщиной 0.005 м, то полная масса оболочки составит 4.4 т. Таким образом, полная масса ТЗПУ, включая контейнер и ракету, составит 55.7 т. Итоговые параметры системы DF-31 представлены в Табл.2.

**Таблица 1:** Характеристики DF-1.

Источник	Длина (м)	Диаметр (м)	Масса (т)	Дальность (км)	Масса ГЧ (кг)
(1)	10,0+	2,0	20+	8000	700
(2)				7250+	
(3)	16,0	2,0	42	8000	800-1200
(4)	13,0	2,25	42	8000	1050-1750
(5)	13,4	2,2	17	8000	700

<sup>1</sup> Federation of American Scientists, "DF-31", <http://www.fas.org/nuke/guide/china/icbm/df-31/htm> (12 March 2007).

<sup>2</sup> Office of the Secretary of Defense, "Annual Report to Congress, The Military Power of the People's Republic of China 2005", <http://www.dod.mil/news/Jul2005/d20050719china.pdf> (12 March 2007), p.45 (12 March 2007).

<sup>3</sup> "Land-Based Ballistic Missiles: CSS-9 (DF-31)", в приведенной ссылке указано, что материал заимствован из Jane's Strategic Weapon Systems.

[<http://www.aeronautics.ru/archive/wrnd/ballistic/ballistic/css9-01.htm>] (1 February 2007).

<sup>4</sup> Chinese Defense Today, "DF-31 Intercontinental Ballistic Missile", <http://sinodefense.com/strategic/missile/df31.asp> (12 March 2007).

<sup>5</sup> Информация заимствована из вебсайта студентов Северо-Западного Политехнического университета "Weapons and Equipments", <http://www.nwpu.edu.cn/departments/pla/shtml/st003.html> (12 March 2007).

**Таблица 2:** Параметры DF-31.

Элементы	Параметры	Данные
Ракета	Длина	14,3 м
	Диаметр	1,8 м
	Пусковая масса	34 400 кг
Контейнер	Длина	15,4 м
	Диаметр	2,2 м
	Масса	4 400 кг
ТЗПУ	Ширина	2,5 м
	Длина	18 м
	Высота	3,1 м
	Масса	16 900 кг
Всего	Масса	55 700 кг

Параметры DF-31 предполагают, что ракета может передвигаться по существующим стандартным дорогам в Китае, а не только по дорогам, специально подготовленным для тяжелых ракет. Китайские дорожные правила устанавливают следующие стандарты для буксируемых полуприцепов: ширина 2.5 м, длина 16 м и вес 550 кН. Вес 550 кН соответствует массе 56.1 т<sup>20</sup>. Похоже, что ширина и масса системы ТЗПУ DF-31 удовлетворяют стандартам, а длина слегка превышает стандарт. В другом правительственном документе<sup>21</sup> определяется, что длина свыше 18 м «превышает лимит», и такие транспортные средства на дорогах запрещаются. Размеры и масса ТЗПУ DF-31, полученные из предыдущего анализа, находятся вблизи верхних пределов, установленных китайскими дорожными правилами, а дальность DF-31 расположена вблизи нижнего предела для типичных межконтинентальных

баллистических ракет (МБР). Это наводит на мысль, что Китаю пришлось специально уменьшить размеры и массу ракеты DF-31, чтобы позволить ей передвигаться по стандартным дорогам. Размер ракеты DF-31 мог быть уменьшен за счет мощности боеголовки и ее дальности. Если это так, то предполагается, что Китай оценивает выживаемость больше, чем мощность взрыва и дальность полета ракеты.

## **ВЫЖИВАЕМОСТЬ И РЕЖИМЫ ПОДВИЖНОСТИ**

Когда Соединенные Штаты разрабатывали свои подвижные МБР, возникли споры о базировании ракет МХ (экспериментальных ракет)<sup>22</sup>. Китай также столкнулся с вопросом о выборе режимов подвижности. Как обсуждается в предыдущем разделе, ракета DF-31 предназначена для передвижения по стандартным дорогам<sup>23</sup>. В принципе, существуют два режима подвижности, которые может применять Китай для увеличения живучести DF-31. Первый режим заключается в рассредоточении ТЗПУ DF-31 для уменьшения эффективности залпа атакующей стороны<sup>24</sup>. Поскольку у Китая нет полномасштабной системы раннего предупреждения, необходимо выпустить на дороги ТЗПУ, когда Китай поверит, что кризис достиг опасной точки. Движение ТЗПУ приведет к неопределенности их положения за время полета атакующих ракет, так что нападающей стороне придется запускать залп из нескольких боеголовок, чтобы покрыть области неопределенности. Вопрос в том, будет ли у США достаточно боеголовок, чтобы покрыть много областей неопределенности. В следующем разделе дается оценка того, сколько потребуется американских боеголовок для поражения одной ракеты DF-31, если известно ее начальное положение.

Второй режим подвижности заключается в периодическом изменении положений ТЗПУ DF-31 в мирное время и маскировке их в новых местах для того, чтобы уклониться от мониторинга со стороны потенциально атакующей стороны. Детали этого режима будут объяснены позднее вместе с рассмотрением проблем разведки.

## **РАССРЕДОТОЧЕНИЕ ПРИ НАПАДЕНИИ**

В этом разделе оценивается выживаемость ракет DF-31 в первом режиме подвижности, если предполагать, что США может знать положение ТЗПУ DF-31 перед началом атаки. В качестве примера рассмотрим американскую ракету, запускаемую с подводной лодки. Сейчас Соединенные Штаты развернули 1632 боеголовки W76 на своих подводных лодках, что соответствует примерно 80% полной загрузки подлодок, причем каждая боеголовка обладает номинальной мощностью 100 килотонн тротилового эквивалента. США развернули также 384 боеголовки W88 на своих подлодках и 1084 боеголовки на своих МБР с более высоким тротиловым эквивалентом (455 килотонн). Не все американские подводные лодки расположены в Тихом океане. Но за последние несколько лет США перевели три подлодки из Атлантики в Тихий океан. Сейчас в Тихом океане находятся 9 из 14 американских подводных лодок с ядерными боеголовками, а в будущем это количество может быть увеличено<sup>25</sup>.

Чтобы проанализировать выживаемость китайских подвижных ракет, в статье сделано несколько заниженных допущений в пользу Китая. Но даже при этих допущениях окажется, что у США имеется возможность разрушить все двадцать подвижных ракет типа DF-31, если известно их размещение при начале войны. Реальная ударная способность США может оказаться больше с учетом заниженных допущений.

Прежде всего, полетное время американских ракет, запущенных с подлодок, составляет 14 минут при дальности 4000 км. Поскольку ракета DF-31 обладает минимальной дальностью полета для достижения территории США, Китай не может запустить удар возмездия из глубины своей территории. Если США переместит свои подлодки к целям ближе, чем на 4000 км, полетное время снизится на 1-2 минуты, что увеличит эффективность американского нападения. Поэтому предположение о 14 минутах летного времени благоприятнее для Китая. Во-вторых, ТЗПУ DF-31 начнут передвижения, когда Китай поверит, что кризис достиг опасного уровня, и передвижение будет продолжаться в период кризиса. Поэтому у ТЗПУ DF-31 имеется только 14 минут для передвижения. Если ТЗПУ начнут двигаться после запуска американских ракет с подлодок или остановятся во время полета ракет, эффективность американской атаки возрастет. Это допущение также работает в пользу Китая. В-третьих, ТЗПУ DF-31 передвигаются в районах, где плотность дорог равна усредненной по

всей территории Китая плотности или даже превышает ее. Поскольку китайские стратегические ракеты не несут ядерные боеголовки, им можно передвигаться по дорогам в населенных районах. В целях безопасности для движения ТЗПУ DF-31 могут быть выбраны мало населенные районы с гораздо меньшей плотностью дорог. Соединенным Штатам понадобятся даже меньше боеголовок для поражения одной ТЗПУ в ненаселенных районах – это еще одно допущение в пользу Китая.

В соответствии с современной статистикой, в Китае имеется 1.6798 миллионов км стандартных дорог<sup>26</sup> на территории в десять миллионов квадратных километров. Средняя плотность дорог равна 0.17 км/км<sup>2</sup>. Допустим, что ракета DF-31 передвигается со скоростью  $v$  км/час. Тогда она пройдет расстояние  $R = 0.23v$  за 14 минут (0.23 часа). Когда появятся нападающие боеголовки, ТЗПУ DF-31 будет находиться в пределах круга с площадью  $\pi R^2$ . Появившимся боеголовкам требуется покрыть только дороги, предназначенные для DF-31. Полная длина дорог в круге равна  $0.17\pi R^2$ . Боеголовка может разрушить ТЗПУ DF-31 только в диапазоне  $2r$ . В соответствии с американскими планами ядерной войны боеголовка с мощностью 100 килотонн обладает радиусом поражения  $r = 2.875$  км при нападении на типичную ракету, двигающуюся по дороге<sup>27</sup>. Таким образом, число появившихся боеголовок, требуемое для перекрытия полной длины дорог, равно

$$n = \frac{0.17\pi R^2}{2r} = \frac{0.17 \times 3.14 \times 0.23^2}{2 \times 2.875} = 0.0049v^2$$

Когда плотность дорог увеличивается, число необходимых боеголовок также растет, но имеет верхний предел. Для очень плотной сети дорог появившиеся боеголовки должны покрыть всю площадь  $\pi R^2$ . Каждая боеголовка покрывает площадь порядка  $2r^2$  при полном перекрытии. Поэтому верхний предел для числа боеголовок, требуемых при высокой плотности дорог, равен

$$[3.14 \times (0.23v)^2] / [2 \times 2.875^2] = 0.01v^2$$

Как следует из китайских дорожных правил, существует предел скорости 20 км/час на дорогах четвертой категории (низший уровень стандартных дорог) в районах с неровной поверхностью и 40 км /час в районах с ровной поверхностью. Максимальная проектная скорость большинства буксируемых полуприцепов составляет 90 км/час<sup>28</sup>. Можно подсчитать предельное количество боеголовок в разных случаях (Таблица 3).

Из Табл.3 следует, что если ТЗПУ движется со скоростью 20 км/час, потребуются только две боеголовки для разрушения ТЗПУ DF-31 при передвижении по дороге четвертого уровня в холмистой местности и всего четыре потребуются, если плотность дорог очень велика. Если скорость ТЗПУ увеличить до 40 км/час, потребуется от 8 до 16 боеголовок для уничтожения ТЗПУ DF-31 в зависимости от плотности дорог. Если скорость увеличить до 90 км/час, что представляется технически трудным, то будет нужно от 40 до 80 боеголовок для уничтожения одного ТЗПУ DF-31. Увеличение скорости DF-31 оказывается эффективной стратегией для уменьшения эффективности нападения. Но этого все еще недостаточно для того, чтобы быть уверенным в выживании некоего количества ракет DF-31 при первом американском ударе, принимая во внимание большой ядерный арсенал США. Если Китай не построит специальные дороги для своих подвижных ракет, то эти ракеты будут передвигаться по стандартным дорогам и потребуется от 2 до 16 боеголовок для уничтожения одной подвижной ракеты. Если допустить, что Китай развернет 20 стратегических подвижных ракет типа DF-31, то несколько сотен боеголовок, запущенных с подводных лодок, имеют большие шансы уничтожить все 20 китайских подвижных ракет в том случае, если начальное положение этих ракет заранее известно. США, конечно, способны выделить несколько сотен боеголовок для первого удара. Даже когда цена обмена вырастет до 80:1 в результате резкого возрастания скорости ТЗПУ DF-31 и плотности дорог, для уничтожения двадцати ТЗПУ DF-31 все еще окажутся достаточными 1632 боеголовки W76, развернутые в настоящее время. Как уже упоминалось, у США имеются также 388 боеголовок W88 на подводных лодках и 1050 боеголовок на МБР. Значительные американские стратегические ядерные силы не позволяют выжить двадцати китайским стратегическим подвижным ракетам, если эти ракеты обнаружены и положение их известно. Рассредоточение китайских стратегических подвиж-

ных ракет может уменьшить эффективность американской атаки, но США могут позволить себе такую неэффективность. Заключение таково, что два десятка стратегических подвижных ракет типа DF-31 не способны насытить первый американский удар, то есть ни одна ракета не сможет надежно выжить при нападении, если все они могут быть обнаружены. Вера в то, что одни только подвижные ракеты дадут Китаю возможность создать надежное минимальное сдерживание, оказывается некорректной. Для увеличения шансов на выживание кажется, что ТЗПУ DF-31 должны ускользнуть от разведки США, чтобы не оказаться целью американского ядерного оружия.

**Таблица 3:** Число боеголовок, требуемое для уничтожения одной ракеты DF-31.

Скорость (км/час)	Текущая плотность дорог	Высокая плотность дорог
20	2	4
40	8	16
90	40	80

Статья <sup>29</sup>, опубликованная в 2004 году в журнале китайской коммунистической партии, посвященном политическому образованию, рассказывает о прогрессе Второй Артиллерии (ракетных сил) за последние годы. Она поясняет подготовку Второй Артиллерии в отношении подвижности. Впрочем, нет фактов, говорящих о развертывании ракет DF-31. Эта статья может иметь отношение к ракете DF-21 – подвижной ракете промежуточной дальности<sup>30</sup>, когда в ней говорится о переходе от ракет шахтного базирования к подвижным ракетам. Ракета DF-31 может последовать тому же операционному порядку, что и DF-21. Китай мог разработать модель ТЗПУ для DF-31 (машины, перевозящие макеты полезной нагрузки) для учений, поскольку на некоторых снимках показаны полевые патрули DF-31<sup>31</sup>.

В другом материале на вебсайте агентства Синьхуа Ньюс приводятся подробности учений китайских стратегических ядерных сил по патрулированию и нанесению ответного удара<sup>32</sup>. Согласно этому материалу, выжившие ракетные ТЗПУ начинают патрулирование после ядерного удара. Ракеты несут ядерные боеголовки, которые были установлены на пятый день в плохую погоду после начала патрулирования; запуск ракет был промоделирован на восьмой день. В настоящее время на ТЗПУ используются многоспектральные маскировочные сети для искажения инфракрасных сигналов<sup>33</sup>. Как сказано в другой статье<sup>34</sup>, подготовка к пуску началась в 9:58 утра, а запуск был осуществлен в 10:25. Таким образом, подготовка запуска занимает около получаса.

В этих статьях содержится много деталей относительно стратегии подвижности китайских стратегических подвижных ракет. Стратегия заключается в том, чтобы избежать слежения во время патрулирования этих ракет. Одна проблема связана с расчетом времени действий патруля. Из статьи Синьхуа следует, что патрулирование начнется после ядерного нападения. Автор (Ли Бин) не верит, что это подходящее время для начала патрулирования по двум причинам. Во-первых, слишком поздно патрулировать после страданий, нанесенных ядерным ударом. Ракеты либо уничтожены при нападении, либо не требуют перевода на новое место для произведения ответного удара. Во-вторых, обстановка на дорогах и погода могут оказаться неблагоприятными для патрулирования после ядерного нападения. Автор предлагает другую стратегию выбора времени для патрулирования, когда несколько ракет по случайному выбору меняют свое положение и маскируются в новых местах. Эти ракеты не имеют ядерных боеголовок. Боеголовки хранятся в безопасном месте и направляются к местам положения ракет на небольших и безопасных транспортных средствах, чтобы в случае необходимости оказаться развернутыми. При этом не возникает много проблем, связанных с ядерной безопасностью и надежностью. Китай всегда может выбрать подходящее время (например, облачная погода) и наилучшую дорогу (чтобы не быть увиденными со спутников США) для перемещения своих стратегических подвижных ракет. Согласно китайской ядерной стратегии противодействия, Китай не нуждается в частом перемещении своих подвижных ракет. Ему нужна демонстрация того, что он может спрятать эти ракеты от американского слежения путем перемещения. Поскольку ракеты перемещаются в мирное время, опасность посылы вводящих в заблуждение ядерных сигналов минимальна.

Как заявлялось ранее при обсуждении роли стратегических подвижных ракет, положение операционной китайской стратегической ракеты может быть обнаружено американской раз-

ведкой, например, при наблюдении ее установки с помощью оптических датчиков на спутниках, агентурной разведки или слежения за переговорами по линиям связи. Что касается подвижных стратегических ракет, Китай может менять их положение и снова маскировать. Поэтому ключевой вопрос заключается в том, способны ли Соединенные Штаты отслеживать китайские стратегические подвижные ракеты все время, когда они находятся в движении. Если США могут непрерывно отслеживать подвижные ракеты на пути от старых мест до новых, патрулирование не увеличит выживаемость. Если же эти ракеты обладают большими шансами уклониться от американского слежения из космоса, они могут быть выживаемыми.

## **ОТСЛЕЖИВАНИЕ КИТАЙСКИХ ПОДВИЖНЫХ РАКЕТ АМЕРИКАНСКИМ КОСМИЧЕСКИМ РАДАРМ**

Стратегической целью США является разработка возможностей нападения на подвижные баллистические ракеты. Ядерная концепция США (2002 год)<sup>35</sup> предложила разработку возможностей, включая высокоточное оружие большой дальности и разведывательные системы в реальном времени, для нападения на подвижные цели, куда входят и подвижные баллистические ракеты.

Оружие большой дальности можно разделить на два типа: ядерное и неядерное. МБР и БРПЛ – вот два основных вида ядерного оружия большой дальности. США разрабатывали МБР и БРПЛ в течение нескольких десятилетий и эти виды оружия, в принципе, способны нанести удар по подвижным целям, если положение этих целей известно, хотя затраты могут оказаться высокими. Вопрос в том, сможет ли оружие обычного типа атаковать подвижные цели на больших расстояниях. У обычного оружия радиус поражения гораздо меньше, но оно может быть очень точным при поражении цели.

Для нападения на подвижные или меняющие положение цели, потребуется система разведки в реальном времени в интересах подкрепления оружия, чтобы определять положение и следить за перемещениями подвижных целей.

В течение многих лет Соединенные Штаты использовали спутниковые оптические и инфракрасные датчики, наблюдавшие за наземными целями с разрешением лучше метра. Наблюдательные возможности в оптическом и инфракрасном диапазонах из космоса применялись и в последних боевых операциях, где доказали свою стратегическую важность. Однако обнаружение оптических и инфракрасных сигналов не всегда возможно. Темнота мешает использованию оптических сигналов, а плотные облака могут экранировать как оптические, так и инфракрасные сигналы. Для обеспечения стойкого мониторинга требуются всепогодные системы. Одно из предложений связано с обнаружением наземных целей спутниковым радаром. Радар может проникать сквозь облака и дождь, а космический радар оказывается идеальной альтернативой. Основной вопрос заключается в том, сможет ли космический радар обеспечить постоянное слежение. В этой работе в качестве примера цели выбрана ракета DF-31 и считается, что она может передвигаться по обычным дорогам со скоростью 20 км/час (5.6 м/с), которая представляет собой предел, установленный китайским правительством для транспортных средств на дорогах четвертого уровня в холмистой местности<sup>36</sup>. В первом режиме подвижности, проанализированном в предыдущем разделе, показано, что выживаемость DF-31 растет с увеличением ее скорости. В этом анализе автор изучал ТЗПУ DF-31 со скоростями 20 км/час и выше, чтобы увидеть, помогают ли более высокие скорости Китаю для насыщения американского упреждающего удара. При анализе следующего режима оказывается, что увеличение скорости ТЗПУ DF-31 делает их более заметными для космического радара, когда радар следит за передвигающимися наземными целями. Поэтому автор изучает только случай, когда скорости ТЗПУ DF-31 малы (20 км/час).

В американских исследованиях рассмотрено применение космического радара для отслеживания китайских подвижных ракет<sup>37</sup>. Космический радар обнаруживает наземные или воздушные цели, посылая к ним свои волны и наблюдая отраженные сигналы. Чтобы иметь тот же уровень разрешения, размер радарной антенны должен быть гораздо больше размера телескопа, принимающего оптические или инфракрасные сигналы, поскольку радарная длина волны (например, несколько см в X-диапазоне) гораздо больше, чем у оптических или инфракрасных сигналов ( $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  см). Спутники не могут нести большие радарные антенны в космосе, чтобы получить столь высокое разрешение. Альтернатива заключается в том, чтобы подхватывать отраженную радарную волну при разных положениях спутника в полете

и соединять отдельные когерентные сигналы в единую картину. Радар в таком режиме работы называют радаром с синтетической апертурой (РСА). Расположенные в космосе РСА хороши для получения картины почти стационарных целей, например, при картировании местности. Чтобы высветить движущиеся цели, используется эффект Доплера для радарных волн. Если луч радара проектируется на подвижную цель, обладающую радиальной скоростью (скорость в направлении радарного луча), частота отраженной от подвижной цели волны слегка изменяется. Более высокая радиальная скорость приводит к более заметному сдвигу частоты. Космический радар захватывает только сигналы от подвижных целей с частотой, слегка отличной от той, какую создают неподвижные цели. Такой режим обнаружения называется индикатором движущихся наземных целей (ИДНЦ). Когда космический радар работает в ИДНЦ-режиме, все неподвижные объекты в поле зрения становятся темными и только движущиеся цели с соответствующими радиальными скоростями оказываются яркими. Космический радар в ИДНЦ-режиме является основным доступным инструментом для слежения за подвижными целями и поэтому он оказывается главным кандидатом для отслеживания китайских стратегических подвижных ракет. Последующий анализ будет в основном касаться космического радара в ИДНЦ-режиме.

РСА и ИДНЦ поначалу размещались на самолетах. В последние годы США начали работы над радаром космического базирования, обладающим функциями РСА и ИДНЦ<sup>38</sup>. В 1998 году США начали программу «Дисковерер II» для разработки возможностей космического радара<sup>39</sup>, имевшую форму совместной технологической демонстрационной программы с участием ВВС США, ДАРПА (агентство по оборонным продвинутым исследовательским проектам) и Национального разведывательного управления (НРУ). Предполагалось разработать прототипы спутников с РСА/ИДНЦ. Цель заключалась в развертывании 24 спутников, чтобы получить более, чем 90%-ный, доступ к представляющим интерес районам, лежащим в полосе широт от 30 до 40 градусов<sup>40</sup>. Спутники должны были находиться на орбитах высотой 770 км с наклоном 54°, причем каждый спутниковый радар имел бы дыру в надире с углом возвышения 70° (20° от вертикали)<sup>41</sup>. Радар становится «слепым» в своей надирной дыре, потому что радарное поперечное сечение поверхности становится большим и насыщает радарную систему. Созвездие спутников, как ожидалось, должно было вступить в действие в 2008 финансовом году<sup>42</sup>. Средняя стоимость одного спутника оценивалась в 100 млн. долларов, а затраты на 20 лет работы крупной операционной системы, как ожидалось, не должны быть ниже 10 млрд. долларов<sup>43,44</sup>. Желаемой отличительной чертой системы была бы ее способность отслеживать критичные подвижные цели «от рождения до смерти»<sup>45</sup>. Система «Дисковерер II» в режиме ИДНЦ должна была бы обнаруживать скорости в диапазоне 1.3 – 58 узлов (2.4 – 100 км/час), а дыра в надире, как считалось, занимала бы 20° от вертикали<sup>46,47</sup>. Космический радар отслеживает цель по точкам с разумным временным интервалом при сканировании вызывающих интерес районов. Как только движущаяся цель вызывает подозрение у космических оптических или инфракрасных датчиков или космический радар идентифицирует ее как критичную, радар начинает слежение в режиме ИДНЦ. «Движение вне дорог предсказываются на основе оцениваемой скорости, а движение по дороге – также по скорости, но с ограничением дорогой. Когда путь проходит через перекресток, предсказываемое положение помещается на каждую из дорог, выходящую из перекрестка»<sup>48</sup>. Если цель пропадает, система определит ее положение в момент исчезновения как помещение в укрытие<sup>49</sup>.

Конгресс США не был удовлетворен программой «Дисковерер II»<sup>50</sup> и закрыл ее в 2000 году из-за неясностей в затратах и графике. Была создана новая радарная программа космического базирования для продолжения усилий в области возможностей космического радара<sup>51</sup>. Министр обороны отдал ее под руководство ВВС. Ее задачей определено «развертывание, начиная с 2008 года, космических возможностей для командующих на поле боя по отслеживанию подвижных целей»<sup>52</sup>. Полный график кажется более свободным, чем у предшествовавшей программы. Целью программы остается обеспечение глобального (за исключением полярных областей, расположенных выше 65 градусов северной и южной широты), всепогодного, круглосуточного, постоянного доступа к областям, представляющим интерес, посредством ИДНЦ и получения изображений. Система может являться комбинацией спутников на низкой околоземной орбите (НОО) с номинальной высотой 1000 км и промежуточной околоземной орбите (ПОО) с номинальной высотой 10000 км. Созвездие на НОО потребует 21 спутника для обеспечения постоянного глобального доступа при наклонении орбит

53 градуса. Требования к ИДНЦ сводятся к отслеживанию цели, имеющей радарное поперечное сечение 10 децибел ( $10 \text{ м}^2$ ), при дальности 2800 км<sup>53</sup>. Использование спутников на ПОО кажется гораздо менее вероятным и не является предметом данного обсуждения.

Программа расположенного в космосе радара критиковалась за отсутствие информации относительно ее осуществимости<sup>54</sup>. В 2005 году название «радар космического базирования» было изменено на «космический радар», а новая программа стала объединенной с участием Министерства обороны и разведывательной общественности. Сейчас планируется, что первый действующий спутник системы появится в 2015 году<sup>55,56</sup>. Кроме графика, имеется очень мало информации о любых предлагаемых изменениях и технических особенностях системы.

В этом анализе предполагается, что за период 2015-2020 гг США выведут на ННО созвездие из 21 спутника для разведки при помощи космического радара. Космический радар в режиме ИДНЦ обладает максимальной дальностью обнаружения 2800 км для целей с радарным поперечным сечением  $10 \text{ м}^2$  и минимальной скоростью 2.4 км/час (0.67 м/с).

Период спутника на высоте 1000 км равен 6300 с (1.75 часа), а скорость спутника составляет 6687 м/с. Когда радарная система смотрит на цель с максимальной дальностью обнаружения (2800 км) угол падения составляет 9.5 градусов, а угол между точкой надир и точкой цели, измеренный из центра Земли, равен 22 градусов. Участок, невидимый радаром, обладает углом зрения 44 градуса, измеренным от центра Земли. Чтобы иметь 100%-ный доступ к интересующей точке, требуется иметь 8 ( $360/44$ ) спутников. Три группы из восьми спутников в каждой требуются для покрытия площади, расположенной между 65 градусами северной и южной широты. Созвездие из 21 спутника будет иметь слепые участки между двумя спутниками (смотрите Дэвиса<sup>57</sup> за хорошее обсуждение спутникового покрытия). Радар сможет следить за интересующей точкой в течение 770 с (13 минут или 0.21 часа).

На основе представленной информации о будущем американской системы космического радара в данной статье рассматривается, насколько такая система способна отслеживать китайские стратегические подвижные ракеты. В следующем разделе анализируется три фактора, которые усложняют задачи отслеживания: блокировка видимости, небольшая радиальная скорость и маскировка от радара. В этом анализе предполагается, что Китай близок к тому, чтобы перемещать ТЗПУ DF-31 скорее в мирное время, чем во время кризиса. Если эти ТЗПУ движутся в плохую погоду, то американские оптические и инфракрасные датчики не смогут обнаружить такое перемещение.

## БЛОКИРОВКА ВИДИМОСТИ

Космический радар, работающий в режиме ИДНЦ, имеет дыру в надире, начиная с 70 градусов (или 20 градусов от вертикали). Диаметр длины составляет примерно  $560 \text{ км}$  ( $2 \times 770 \text{ км} \times \text{tg}20^\circ$ ). Радар не может обнаружить цель, находясь в надирной дыре, но ТЗПУ ракеты преднамеренно трудно поместить в надирную дыру, так как спутнику с радаром потребуется только около одной минуты для прохождения расстояния 560 км. Но поскольку некоторые естественные или созданные человеком объекты могут заблокировать видимость спутнику при небольших углах возвышения, к надирной длине могут добавляться «слепые» интервалы, хотя такие интервалы не обязаны быть непрерывными.

В соответствии с текущими конструкциями, космический радар должен иметь угол падения  $9.5^\circ$  при максимальной дальности обнаружения наземной цели перед тем, как он передаст задачу слежения следующему радару. Но многие естественные и искусственные преграды мешают космическому радару увидеть некоторые наземные цели, когда у радара низкий угол возвышения для видимости. Для ракетной ТЗПУ, движущейся по регулярным дорогам, наличие деревьев, зданий и холмов, может заблокировать сигналы радара.

Шанс для космического радара увидеть ракетную ТЗПУ можно измерять минимальным углом возвышения  $\theta$ , ниже которого видимость космического радара заблокирована препятствием, находящимся, по крайней мере, с одной стороны дороги, как изображено на Рис.1. Поскольку похоже, что Китаю известна, по крайней мере, орбита спутников, ТЗПУ будет знать, с какой стороны дороги надо прятаться. Большой угол  $\theta$  будет способствовать увеличению вероятности, что радар не сможет обнаружить ракетную ТЗПУ. Если  $\theta = 9.5^\circ$ , это означает, что космический радар способен непрерывно обнаруживать ТЗПУ за исключением

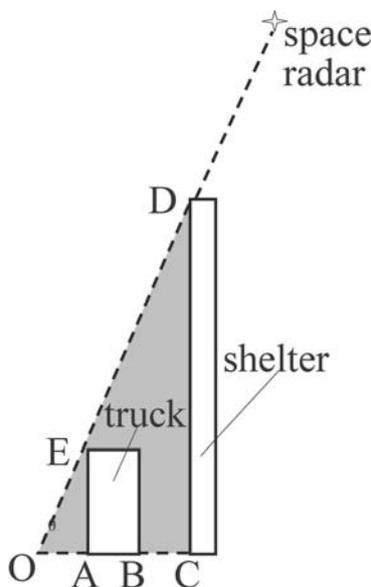
времени, когда он проходит надирную дыру. Если  $\theta$  близок к  $70^\circ$ , (возвышение надирной дыры), радару будет очень сложно обнаружить ТЗПУ. Угол  $\theta$  между  $9.5$  и  $70$  градусами позволяет космическому радару видеть ТЗПУ, но траектория интересующего объекта не будет непрерывной за время периода слежения.

На Рис.1 видимость космического радара заблокирована укрытием и он неспособен обнаружить ТЗПУ, покуда та находится в тени укрытия. При следующих расчетах  $AB$  – ширина платформы ( $2.5$  м)<sup>58</sup>,  $AE$  – высота ТЗПУ ( $3.1$  м),  $DC$  – высота укрытия, а  $BC$  – расстояние от укрытия до ТЗПУ. Поэтому

$$\operatorname{tg}(\theta) = FE/OA = (DC-AE)/(AB + BC) = (DC - 3.1)/(2.5 + BC)$$

На Рис.2 здания с одной стороны дороги также используются для иллюстрации и оценки влияния блокировки видимости. Фотография этого сценария также доступна в Интернете<sup>59</sup>.

В этом исследовании предполагаются трехэтажные дома с общей высотой примерно  $10$  м. Предполагается также, что ТЗПУ DF-31 находится в трех метрах от здания (полтора метра занимает тротуар и полтора – дорожка для велосипедистов), двигаясь по этой дороге. Затем можно получить минимальный угол для обнаружения  $\theta$ , равный  $51^\circ$ . Угловая скорость угла возвышения  $\theta$  меньше при меньших углах возвышения и поэтому потребуется больше времени для спутника, чтобы подняться на один градус до уровня  $51^\circ$ , чем позднее. Когда ТЗПУ находится в надирной дыре, как только спутник поднялся до  $70^\circ$ , интервал видимости располагался между  $51$  и  $70$  градусами. Поэтому космический радар, грубо говоря, имеет меньше одной четверти шанса  $[(70-51)/(90-9.5) = 24\%]$ , чтобы увидеть ТЗПУ, если она движется по дороге, изображенной на Рис.2. У космического радара даже остается меньше шансов обнаружить ТЗПУ если она движется в населенных районах, где высокие здания увеличивают экранирование дорог.



**Рисунок 1:** Блокирование видимости космического радара. Подписи на рисунке (сверху вниз): космический радар; укрытие; платформа.

В статье также проводится анализ дороги, проходящей через холмистые районы, как показано на Рис.3. Эта фотография также доступна в Интернете<sup>60</sup>.

Холмы с одной или с обеих сторон дороги могут заблокировать видимость радара. Минимальный угол возвышения  $\theta$ , когда возможно отслеживание, зависит от топографии местности и его можно достаточно просто оценить как подъем склона холма вблизи дороги. На этом рисунке наклон склона примерно равен  $45$  градусам, что можно выразить как минимально допустимый для обнаружения угол возвышения  $\theta$ . В этом примере космический радар будет иметь чуть более одного шанса из четырех, чтобы наблюдать ТЗПУ, передвигающуюся по дороге.



**Рисунок 2:** Пример вклада здания в блокировку видимости.



**Рисунок 3:** Дорога с неровными холмами с обеих сторон.

На Рис.4 изображен случай, когда деревья растут с обеих сторон дороги, Если допустить, что космический радар работает в X-диапазоне, он не сможет обнаружить ТЗПУ через листву. Поскольку многие деревья обладают широкой кроной, они обеспечат почти полную экранировку с узкой полосой на небе.

В этом случае космический радар почти не имеет шансов обнаружения ТЗПУ. Китай планирует в настоящее время посадку многих деревьев по причинам охраны окружающей среды. Эти деревья могут внести свой вклад в экранировку ракетных ТЗПУ от американского космического радара.

Китайцы могут выбрать передвижение ТЗПУ по дорогам с укрытиями, которые высоки и расположены близко от дороги, уменьшая шансы космическому радару обнаружить ТЗПУ. В трех уже рассмотренных случаях космический радар имеет равные шансы или менее одного шанса из четырех, чтобы обнаружить ракетную ТЗПУ. Один спутник следит за конкретной точкой примерно 13 минут до того, как следующий спутник подхватывает цель. Это означает, что космический радар может оказаться неспособным обнаружить ТЗПУ, которая передвигается по экранированной дороге в течение значительной доли времени из этих 13 минут, а ТЗПУ имеет более высокий шанс избежать отслеживания со стороны космического радара.



**Рисунок 4:** Полосы деревьев с двух сторон дороги.

### МАЛАЯ РАДИАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ

Цель становится невидимой для космического радара в режиме ИДНЦ, если ее радиальная скорость меньше минимально обнаруживаемой радаром скорости. ТЗПУ, передвигающаяся очень медленно или остановившаяся, не может быть обнаружена космическим радаром в режиме ИДНЦ. В этих условиях все выглядит так, как если бы исчезнувшая цель остановилась. Может оказаться возможным проверить положение ТЗПУ, если переключить радар в режим с синтезированной апертурой (РСА) и получить снимок местности. Но быстро движущаяся цель может также иметь небольшую радиальную скорость по отношению к космическому радару и поэтому становится невидимой, когда ее направление движения перпендикулярно линии видимости космического радара. Нельзя предположить, что исчезнувшая цель в этой ситуации остается неподвижной.

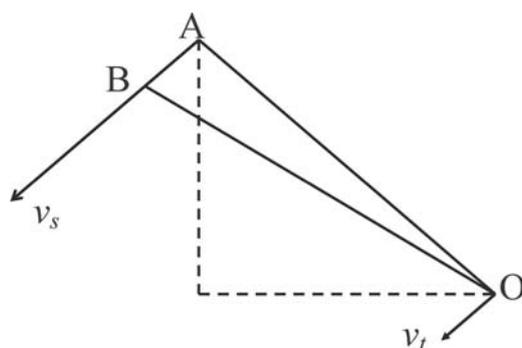
Проектная минимально обнаруживаемая радиальная скорость космического радара составляет 2.4 км/час (0.67 м/с). ТЗПУ, передвигающаяся со скоростью 20 км/час, должна иметь наклонение менее 0.12 радиана (7 градусов) к перпендикулярному направлению, чтобы перестать быть обнаруживаемой радаром. Поскольку спутник находится в непрерывном движении, перпендикулярная геометрия может измениться и длительность невидимости может оказаться ограниченной. В статье оценивается, как долго можно поддерживать состояние невидимости, если ТЗПУ не изменяет направление своего движения во время невидимости.

На Рис.5 ТЗПУ находится в т.О и ее движением можно пренебречь, поскольку ее скорость  $v_t$  (20 км/час, или 5.6 м/с) гораздо меньше скорости спутника  $v_s$  (6700 м/с); скорости ТЗПУ и спутника параллельны, когда спутник находится в т.А; скорость ТЗПУ перпендикулярна к лучу зрения между ТЗПУ и космическим радаром (ОА), когда радар находится в т.А; спутник перемещается от т.А к т.В; и теперь в т.В радиальная скорость ТЗПУ достигает минимальной скорости для обнаружения ( $v_m = 0.67$  м/с). Поэтому

$$AB = (v_m/v_t)BO$$

$$t = (v_m/v_s v_t)BO = 0.67(6700 \times 5.6)BO$$

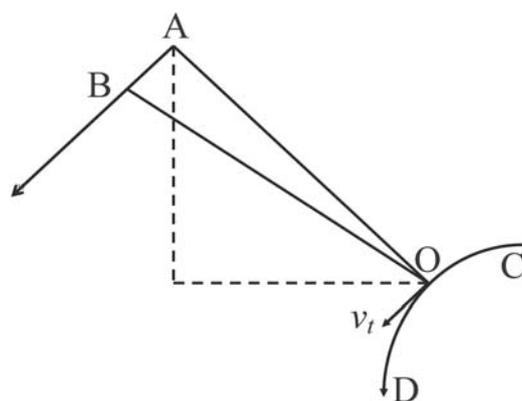
BO находится между 1000 и 2800 км, так что  $t$  составляет около 18-50 с. За эти 18-50 с ТЗПУ перемещается на расстояние около 100-280 м. Длительность невидимости вдвое выше приведенного значения  $t$ , то есть около 36-100 с, так что ТЗПУ может передвинуться на 200-560 м, если не изменит направления движения.



**Рисунок 5:** Параллельные движения ТЗПУ и радара.

Как показано, если ТЗПУ не меняет направления движения, она может стать невидимой радару в течение десятков секунд из-за малой радиальной скорости ТЗПУ. За это время ТЗПУ может пройти сотни метров. После возобновления видимости радар может оказаться неспособным идентифицировать, за какой целью он следил.

Практически каждый раз, когда ТЗПУ делает поворот, имеется точка, когда скорость ТЗПУ перпендикулярна линии зрения со спутником и параллельна скорости спутника, как указано на рис.6.



**Рисунок 6:** ТЗПУ делает поворот.

На Рис.6 ТЗПУ совершает поворот от т.С до т.Д, а т.О находится между ними. В т.О скорость ТЗПУ перпендикулярна к направлению на спутник. ТЗПУ невидима радару вокруг т.О. Невидимость создается каждый раз, когда ТЗПУ делает поворот, и слежение радаром прерывается. Радар может подхватить цель позднее, когда она становится видимой радару, если только рядом нет других подвижных средств. Но если ТЗПУ совершает поворот на загруженном перекрестке, радар не сможет найти ТЗПУ среди группы подвижных средств после временной невидимости.

Если путь для патрулирования ТЗПУ и время выбраны соответствующим образом, чтобы ее движение всегда оставалось перпендикулярным линии зрения на спутник, она может стать невидимой для радара до тех пор, когда не появится следующий спутник через 770 секунд. За эти 770 секунд ТЗПУ может пройти до 4.3 км без обнаружения радаром, и в результате космический радар потеряет возможность слежения за ТЗПУ. Для осуществления такой стратегии надо точно предсказывать траектории спутников с космическими радаром. Такие предсказания могут быть не надежными, поскольку спутники могут отклоняться от своих инерциальных траекторий, слегка подправляя скорость. Подобная стратегия уклонения зависит от китайских возможностей отслеживать космические объекты, и такие возможности, похоже, улучшатся в ближайшие годы. Хотя сейчас это не реально, но в будущем может оказаться объектом тревог США.

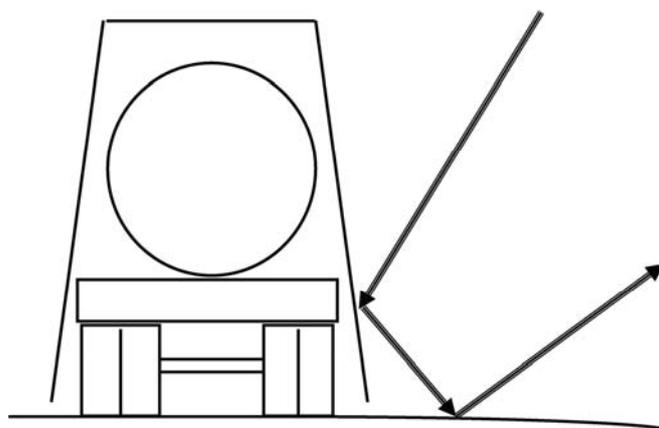
## СКРЫТНОСТЬ ОТ РАДАРА

Если радар просматривает телесный угол  $\Omega$  за время  $t_s$ , его максимальная дальность может быть получена на основе следующего уравнения<sup>61</sup>:

$$P_T A_R = 4\pi k_B T_0 F_n L (S/N)_{\min} \Omega (\sigma t_s)^{-1} R^4 \quad (1)$$

где  $P_T$  – средняя мощность радара,  $A_R$  – площадь антенны радара. Если радарное поперечное сечение цели  $\sigma$  уменьшается в то время, когда все остальные факторы остаются без изменения, то четвертая степень дальности  $R$  пропорционально уменьшится. Ожидается, что современная система космического радара будет иметь максимальную дальность обнаружения 2800 км, если цель обладает радарным поперечным сечением 10 дБ ( $10 \text{ м}^2$ ). Как считается, обычные китайские подвижные ракеты имеют радарное поперечное сечение 10 дБ<sup>62</sup>. Радарное поперечное сечение в 10 дБ ( $10 \text{ м}^2$ ) для ТЗПУ DF-31 применяется как опорное значение для оценки того, сколько понадобится спутников для США. Для создания скрытности от радара используются две основные технологии – покрытие цели материалами, поглощающими радарное излучение, а также изменение формы поверхности так, что уменьшается отражение радарных волн. Две эти технологии, несомненно, могут использоваться для ТЗПУ DF-31, если Китай будет принужден к этому. Гораздо легче изменить форму поверхности ракетной ТЗПУ, чем самолета или военного корабля, в целях радарной скрытности по двум причинам. Прежде всего, самолет должен сохранить аэродинамические свойства при изменении его форм (таких забот не существует для платформы), а кроме того не имеет значения, находится ли радар непосредственно над головой, поскольку платформа в этом случае оказывается в надирной дыре. Одна из альтернатив заключается в покрытии платформы прямоугольным корпусом с прямыми поверхностями.

На Рис.7 показан вид секции ТЗПУ DF-31, покрытой простым корпусом. Вершина корпуса горизонтальна, а левая, правая и задняя стороны почти вертикальны и имеют небольшой наклон. Радарные лучи от вершины корпуса отражаются, а лучи, попадающие на боковые стороны, отражаются вниз. Поскольку боковые поверхности слегка наклонены кверху, радарные сигналы попадают на почву и не отражаются обратно к радару.



**Рисунок 7:** Радарный пучок, спроектированный на одну сторону покрытия для радарной скрытности.

Если космический радар находится непосредственно над головой, отраженный сигнал велик. Но ТЗПУ при этой ситуации находится в надирной дыре и невидима для радара в режиме ИДНЦ. Переднюю сторону ТЗПУ, возможно, не удастся экранировать полностью как остальные стороны. Поэтому ТЗПУ может иметь более высокое поперечное радарное сечение при взгляде спереди, чем с остальных сторон. Но лобовую часть платформы можно будет защитить металлом для скрытности, причем так, чтобы водитель еще сохранил возможность следить за дорогой.

Радарное поперечное сечение в результате установления скрывающего цель покрытия возникает в основном от краев пластин, когда играют роль все углы за исключением небольшого диапазона направлений, перпендикулярных пластинам. В работе Кнотта<sup>63</sup> приводятся средства для оценки радарного поперечного сечения от краев.

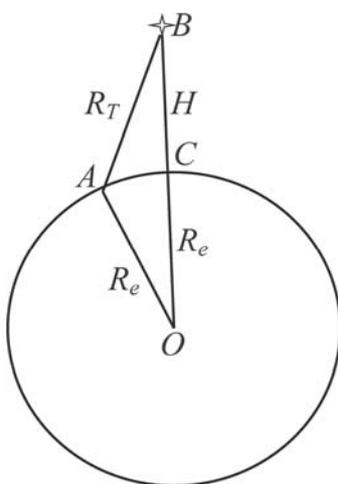
Если радар наблюдает край вдоль его биссектрисы, то радарное сечение края примерно

равняется квадрату длины края ( $l^2$ ). В соответствии с Рис. 6.19<sup>63</sup> радарное сечение края между двумя перпендикулярными плоскостями составляет  $\alpha l^2$ , где значение  $\alpha$  лежит в диапазоне 0.20-0.79 в зависимости от поляризации. Для края длиной 18 м радарное сечение лежит в диапазоне 65-256 м<sup>2</sup>, если радар смотрит на биссектрису. Но небольшое отклонение от направления на биссектрису приводит к заметному уменьшению радарного поперечного сечения. Большую часть времени каждый край дает вклад в радарное поперечное сечение порядка  $\lambda^2$  или меньше. Космический радар работает в X-диапазоне с длиной волны порядка нескольких см. Поэтому полное радарное сечение скрывающего покрытия может быть теоретически уменьшено примерно до 0.01 м<sup>2</sup> для большинства направлений.

Текущие требования к космическому радару подразумевают, что он должен обнаружить цель с радарным поперечным сечением 10 м<sup>2</sup> на расстоянии 2800 км. Диаграмма направленности каждого радара имеет половинный угол зрения 58.5 градусов (с центральной точкой в радаре); телесный угол составляет 3.0; половинный угол зрения равен 22 градуса (из центра Земли), а телесный угол равен 0.46 (из центра Земли). Телесный угол земной поверхности, покрываемый 21 спутником с общим перекрытием 96%, примерно составляет

$$0.46 \times 21/0.96 = 10$$

Геометрия радара показана на Рис.8.



**Рисунок 8:** Геометрия детектирования радаром.

На Рис.8 радар находится в т.В;  $BA = R_T$  – максимальное расстояние, когда еще возможно наблюдение;  $OA = OC = R_e$  – радиус Земли (6370 км);  $BC = H$  – высота радара над поверхностью (1000 км);  $ABC = \theta$  – половина угла зрения диаграммы направленности радара;  $AOC = \alpha$  – половинный угол диаграммы направленности (из центра Земли).

Из Уравнения (1) следует, что следующая комбинация параметров будет постоянной величиной, если не менять характеристики радара, время сканирования и возможность детектирования не изменяются:

$$\Omega R_T^4 / \sigma = C \quad (2)$$

Если радарное поперечное сечение ТЗПУ DF-31 уменьшится, максимальное расстояние обнаружения  $R_T$  также уменьшится. Половинный угол диаграммы направленности, измеряемый от радара,  $\theta$  может быть определен на основе следующего уравнения

$$\cos \theta = [(H + R_e)^2 + R_T^2 - R_e^2] / [2(H + R_e)R_T]$$

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos\theta) = 2\pi\{1 - [H^2 + 2HR_e + R_T^2] / [2(H + R_e)R_T]\}$$

Поэтому

$$\Omega R_T^4 / \sigma = (2\pi/\sigma)\{1 - [H^2 + 2HR_e + R_T^2]/2(H + R_e)R_T\}R_T^4 = C \quad (3)$$

На основе Уравнения (3) рассчитаем, как максимальное расстояние для обнаружения изменяется в зависимости радарного поперечного сечения цели (см. Табл.4). Из-за малого радарного поперечного сечения становится небольшой диаграмма направленности Половинный угол поля зрения диаграммы направленности из центра Земли  $\alpha$  также можно получить из следующего уравнения

$$\cos\alpha = [(H + R_e)^2 + R_e^2 - R_T^2]/[2(H + R_e)R_e]$$

Телесный угол диаграммы направленности из центра Земли равен

$$\Phi = 2\pi(1 - \cos\alpha)$$

Если сохраняется 96%-ное покрытие земной поверхности, необходимое число спутников будет равно в этом случае

$$N = 10.0/\Phi$$

**Таблица 4:** Количество спутников в зависимости от радарного поперечного сечения (РПС) цели.

РПС (м <sup>2</sup> )	R <sub>T</sub> (км)	N
10.0	2800	21
5.1	2400	30
2.0	1970	50
0.85	1670	80
0.51	1520	110
0.20	1310	200
0.057	1130	500
0.010	1033	2139

На основе приведенных уравнений в Табл. 4 приведено количество необходимых спутников в зависимости от радарного поперечного сечения цели.

Из Табл.4 следует, что количество необходимых спутников возрастает при уменьшении радарного поперечного сечения ТЗПУ DF-31. Потребуется 2139 спутников при радарном поперечном сечении 0.01 м<sup>2</sup>, чтобы система сохранила возможности обнаружения. Даже если радарное поперечное сечение DF-31 не сможет достигнуть своего теоретического предела, усилия по радарной скрытности DF-31 все еще способны значительно уменьшить диаграмму направленности радара и привести к увеличению количества необходимых спутников. Например, 50 спутников потребуется при уменьшении радарного поперечного сечения до 2.0 м<sup>2</sup> и 200 окажутся необходимыми при дальнейшем уменьшении радарного поперечного сечения до 0.2 м<sup>2</sup>. При таких обстоятельствах космический радар становится слишком дорогим.

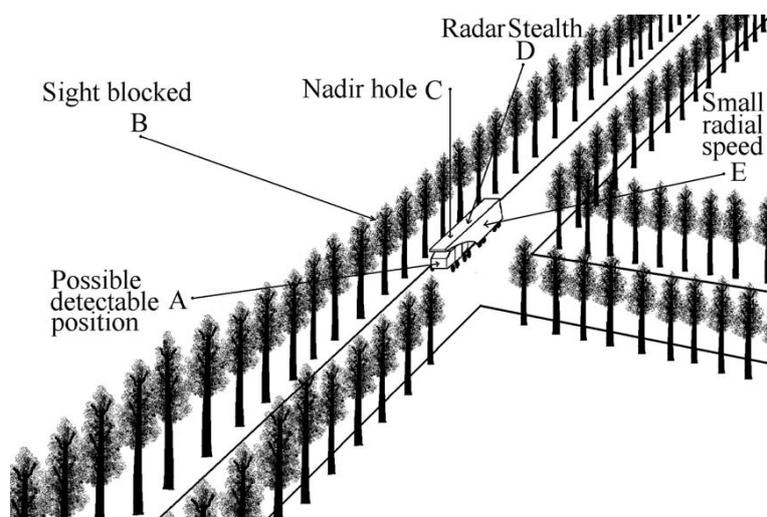
### СОВПАДАЮЩИЕ СТРАТЕГИИ УКЛОНЕНИЯ

ТЗПУ DF-31 может предпринять различные подходы, чтобы избежать отслеживания спутниками из космоса: ТЗПУ можно закрыть корпусом, состоящим их плоских пластин, так что она оказывается невидимой для радара при большинстве углов наблюдения; она может передвигаться по дороге с укрытиями (деревья, здания, холмы) на одной стороне дороги или на обеих сторонах, избегая тем самым обнаружения при низких углах возвышения спутника, или же она может повернуться на оживленном перекрестке, чтобы избежать слежения радаром в режиме ИДНЦ, как показано на Рис.9.

На Рис.9 точки А, В, С, D и Е представляют разные положения космического радара. В т.В у радара небольшой угол возвышения и поэтому луч зрения радара на ТЗПУ блокирован деревьями. Когда спутник располагается в т.С, ТЗПУ находится в надирной дыре и невиди-

ма космическому радару в режиме ИДНЦ. Радар в т.Д не может увидеть скрытную ТЗПУ, потому что у нее очень малое радарное поперечное сечение при таком угле наблюдения. Космический радар в режиме ИДНЦ не может увидеть транспорт из т.Е, поскольку передвижение ТЗПУ почти перпендикулярно направлению на радар, создавая очень низкую радиальную скорость. Только в т.А, расположенной перед транспортным устройством, существует хорошая позиция для обнаружения радаром. В этом положении радар фиксирует большую радиальную скорость; ТЗПУ лежит на луче видимости, а радарное поперечное сечение ТЗПУ не может оказаться малым. Этот пример показывает, что радар в режиме ИДНЦ может увидеть передвигающуюся ТЗПУ только в редких случаях. Китай может добавить несколько простых мер для усиления эффекта от уже упомянутых подходов и усложнить задачу радарного отслеживания. Например, он может развернуть ложные цели так, чтобы идентификация реальных ТЗПУ увеличила нагрузку на радар.

Вообще говоря, предлагаемая американская система космического радара не сможет осуществить непрерывное слежение за китайскими стратегическими подвижными ракетами «с рождения до смерти», если Китай применит простые меры противодействия. Для преодоления таких мер противодействия Соединенным Штатам потребуется два значительных усилия. Во-первых, увеличить количество спутников, чтобы одну и ту же интересующую точку могли отслеживать несколько спутников в надежде, что по крайней мере один из них окажется в подходящем положении для наблюдения за ТЗПУ. Во-вторых, значительно повысить мощность радара, чтобы следить за скрытными целями с НОО или даже с ПОО. Обе эти меры дороги и технически сложны. Соревнование подвижности и противодействия подвижности оказывается не в пользу США.



**Рис.9:** Наблюдение за транспортом с ракетой с разных углов: А – возможная позиция для наблюдения; В – блокировка луча зрения; С – дыра в надире; D – скрытность от радара; Е – небольшая радиальная скорость.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая американская система космического радара, которая, как ожидается, вступит в действие после 2015 г., не сможет обеспечить США новой возможностью для эффективного отслеживания китайских стратегических подвижных ракет после того, как они будут развернуты. Китай может переместить эти ракеты в мирное время и спрятать их на новых позициях. Для США представляется неразумным создавать возможности для уничтожения всего китайского ядерного оружия<sup>65</sup>. В то же самое время подвижность китайских стратегических ракет не может вывести китайские ядерные силы на более высокий уровень – так называемое надежное минимальное сдерживание, если Китай ограничивает численность таких ракет несколькими десятками. Поэтому у США мало причин слишком реагировать на развитие подвижности.

На основании проведенного анализа нельзя посоветовать начинать патрулирование китайских подвижных стратегических ракет после пережитого ядерного удара, поскольку со-

стояние дорог и погодные условия могут не благоприятствовать такому патрулированию. Также не советуется начинать патрулирование во время кризиса по трем причинам. Прежде всего, погода может не подходящей, патрулирование может послать ненамеренные ядерные сигналы, да и сама такая стратегия противоречит китайской ядерной философии, согласно которой считается, что возможность ядерного удара мала. Китаю надо продемонстрировать возможность спрятать свои стратегические ракеты путем избегания отслеживания из космоса. Китай может периодически передвигать свои стратегические ракеты для обучения своих солдат, демонстрируя такие возможности в мирное время. Стратегия может включать в себя выбор времени (облачная погода), а также выбор дорог для патрулирования, чтобы избежать обнаружения. Китай может сделать ТЗПУ более скрытными от радаров и устанавливать ложные цели для обучения своих солдат. Такие усилия могут обеспечить высокую вероятность того, что ТЗПУ сумеют избежать обнаружения. В соответствии с проведенным анализом передвижение ТЗПУ по обычным дорогам, а не по дорогам, специально создаваемым для тяжелых ракет, оказывается критичным для выживаемости ракет DF-31. Проведенное моделирование предполагает, что размеры ракеты DF-31 могут быть уменьшены за счет мощности боеголовки и сокращения дальности, чтобы увеличить подвижность. Это могло бы заставить подумать, что Китай гораздо больше заботится о выживаемости своего ядерного оружия, нежели о его ударных возможностях, а подход к возрастанию выживаемости своих ракет заключается в том, чтобы спрятать свое ядерное оружие, а не создавать его в больших количествах для насыщения упреждающих ударов. Такие концепции совместимы с китайской стратегией противодействия использованию силы.

Соединенные Штаты прилагают усилия к приобретению возможности отслеживать китайские стратегические подвижные ракеты и могут утверждать через несколько лет, что уже добились такой возможности. Это будет иметь отрицательные последствия для безопасности. Во-первых, огромные вложения в систему космического радара в сочетании с объявленной возможностью постоянного отслеживания могут породить иллюзию, что сдерживающее влияние китайского ядерного оружия может быть нейтрализовано. Это может вдохновить ответственных американских политиков пойти на риск ненужного конфликта с Китаем и препятствовать двум странам в поисках мирного решения кризиса. Во-вторых, американские усилия по отслеживанию китайских стратегических подвижных ракет может встревожить ответственных китайских политиков. Если они поверят, что могут успешно спрятать свои стратегические подвижные ракеты, поменяв их расположение, им не придется требовать, чтобы их ракеты несли ядерное оружие во время своего передвижения. Это может значительно снизить риски надежности и безопасности, что в интересах как США, так и Китая. С другой стороны, если ответственные китайские политики будут убеждены заявлениями США о том, что предлагаемая система космического радара сможет постоянно отслеживать китайские стратегические подвижные ракеты, Китай может оказаться вынужденным рассмотреть установку ядерных боеголовок на подвижные ракеты. Это уже не будет в интересах обеих стран. Двусторонние переговоры между обеими странами необходимы для прояснения понимания взаимных намерений и возможностей. Поскольку администрация Буша чувствует неудобство от переговоров по ядерным вопросам с Китаем как с равным партнером, обсуждения могут начаться на неправительственном уровне и постепенно перемещаться на государственный уровень, когда будет достигнуто взаимное понимание.

## ПРИМЕЧАНИЯ И ССЫЛКИ

1. Например, в *Пересмотре ядерной доктрины США, 2002* указывается, что «Внезапные непредвиденные обстоятельства включают в себя хорошо изученные текущие опасности. Примерами внезапных случаев служат нападения Ирака на Израиль или на его соседей, нападение Северной Кореи на Южную Корею или военная конфронтация по поводу статуса Тайваня». Смотрите Nuclear Posture Review [Excerpts], 8 January 2002, <http://www.globalsecurity.org/wind/library/policy/dod/npr.htm> (12 March 2007).

2. Lee Denghui: 48 US Nuclear Submarines targeting Beijing, Shanghai, and the Three Gorges”, *People First Times*; <http://www.pfts.com/tw/shownews.asp?id=5005>, на китайском языке (12 March 2007).

3. Joseph Kahn, "Chinese General Threatens Use of A-Bombs, if U.S. Intrudes", July 15, 2005. <http://www.nytimes.com/2005/07/15/international/asia/15china.html?ex=1279080000U&en=0203de5ac4399e20&ei=5088&partner=rssnyt&emc=res> (12 March 2007).
4. Leonard S. Spector, "Taiwan's Security Umbrella at Risk", Op-ed for *The Asian Wall Street Journal*, September 2, 2002. <http://cns.mils.edu/pubs/other/umbrella.htm> (12 March 2007).
5. Смотрите, например, Alan D. Romberg and Michael McDevitt, Eds., *China and Missile Defense, Managing U.S.-PRC Strategic Relations* (Washington, DC: Henry Stimson, 2003) <http://www.stimson.org/china/pdf/cmdprefatory.pdf> (12 March 2007).
6. Alexander T. J. Lennon, Ed., *Contemporary Nuclear Debates :Missile Defenses, Arms Control, and Arms Race in the Twenty-First Century, A Washington Quarterly Reader* (Cambridge, MA: The MIT Press, 2002), and Evan S. Medeiros, rapporteur, *Ballistic Missile Defense and Northeast Asian Security: Views from Washington, Beijing, and Tokyo* (Monterey, CA: The Stanley Foundation and the Monterey Institute of International Studies, 2001). [http://cns.miss.edu/cns/projects/eanp/pubs/bmdrep/bmd\\_web.pdf](http://cns.miss.edu/cns/projects/eanp/pubs/bmdrep/bmd_web.pdf) (March 2007).
7. См. резюме американских оценок ядерного развития Китая, Wu Rui and Li Bin, "The Impact of U.S. Nuclear Policies on China – A Political Perspective", at *Northeast Asia Security: The Mixture of Traditional and Untraditional Security*, 2-3 April 2004, Renmin University, Beijing, China, <http://dur.ac.uk/Chinese.politics/papers%20conference%20Beijing/25wurui.pdf> (12 March 2007), 8-11.
8. Robert S. Norris and Hans M. Kristensen, "NRDC Nuclear Notebook: Chinese Nuclear Forces, 2003", *Bulletin of the Atomic Scientists*, 59 (2003), 6, 77-80.
9. Office of the Secretary of Defense, "Annual Report to Congress, The Military Power of the People's Republic of China, 2005", <http://www.dod.mil/news/Jul2005/d20050719china.pdf> (12 March 2007).
10. Bates Gill, James Mulvenon, and Mark Stokes, "The Chinese Second Artillery Corps: Transition to Credible Deterrence", in James C. Mulvenon and Andrew N. D. Yang, Eds., "The People Liberation Army as Organization", *Reference Volume 1.0* (Santa Monica: RAND, 2002).
11. Li Bin. "China's Nuclear Disarmament Policy", Harold A. Feiveson, Ed, *The Nuclear Turning Point, A Blueprint for Deep Cuts and De-alerting of Nuclear Weapons* (Washington, DC: Brookings Institution Press, 1999), 325-332.
12. Li Bin, "Understanding China's Nuclear Strategy", *World Economics and Politics* 9 (2006), 16-22, на китайском языке.
13. Keir A. Lieber and Daryl G. Press, "The End of MAD? The Nuclear Dimension of U.S. Primacy", *International Security* 30 (2006), 4, 7-44.
14. Эти рисунки взяты из следующих источников: <http://www.mda.mil/mdalink/bemt/icbm.4htm> ;  
[http://www.cia.gov/nic/PDF\\_GIF\\_confreports/chinawmd/df31\\_icbm.gif](http://www.cia.gov/nic/PDF_GIF_confreports/chinawmd/df31_icbm.gif)  
; ;  
<http://www.fswater.gov.cn/news/rdnews/200108/200108270041.htm>  
; ;  
<http://pewar.diy.myrice.com/weapon/china/images/df31.jpg>  
; ;  
<http://bbs.52junshi.com/wuqi/Print/asp?ArticleID=877>  
; ;  
[http://military.china.com/zh\\_cn/bbs2/11018521/20040610/11725321.html](http://military.china.com/zh_cn/bbs2/11018521/20040610/11725321.html)  
; ;  
<http://www.globalsecurity.org/space/world/china/kt-1.htm> (January 26, 2007).
15. Ministry of Communication, PR of China, Technical Standard of Highway Engineering (China: 29 January 2004), <http://www.moc.gov.cn/zhengwu/zhendwu/P020040324409902813832.pdf> (12 March 2007).
16. Например, буксируемое перевозочное средство CZ4260HF294 имеет ширину 2.5 м. (<http://www.hbyk.co.cn/CZ4260HF294.htm>), и полуприцеп ZCZ9402TJZP обладает такой же шириной, ([http://hjcl.com/WEB/products\\_BG.asp?menu=2&typed=1&show=jz](http://hjcl.com/WEB/products_BG.asp?menu=2&typed=1&show=jz) ) (12 March 2007).
17. Данные о ракете «Трайдент-1 (С-4)» взяты из "Trident I C-4 FBM/SLBM", <http://www.fas.org/nuke/guide/usa/slbm/c-4.htm> (12 March 2007).
18. "Semi-Trailer Towing Vehicle: CZ4260HF294, Long March", <http://b2b.hc360.com/auto/product-detail-80/o41-1197280-product.htm> (12 March 2007).
19. Zhumadian Zhujihuajun Transportation Vehicles Co. Limited, "Semi-Trailer Series", [http://www.hjcl.com/WEB/products\\_BG.asp?menu=2&typed=1&show=jz](http://www.hjcl.com/WEB/products_BG.asp?menu=2&typed=1&show=jz) (12 March 2007).
20. Ministry of Communication, People's Republic of China, Technical Standard of Highway Engineering (China: 29 January 2004), p.2.0.1.

21. Ministry of Communication, People's Republic of China, "Rules and Regulations on Over-limited Transportation Vehicles on Roads" (China: 13 February 2002), <http://218.65.3.170/road/zcfg/showpage.asp?ser=1028> (12 March 2007) Par.3 of Article 1.
22. "The MX Missile and Multiple Protective Structure Basing: Long-Term Budgetary Implications" (Washington: The Congressional Budget Office, June 1979).
23. DF-31 может применяться в варианте морского базирования – этот вариант называется JL-2, "JL-2 (CSS-NX-4)". <http://www.globalsecurity.org/wind/world/china/jl-2.htm> (12 March 2007).
24. Для вычислений ядерных обменов при подвижных ракетах смотрите, например, Harold A. Feiveson and Frank von Hippel, "Beyond Start: How to Make Much Deeper Cuts", *International Security* 5 (1990): 1, 154-180.
25. Robert S. Norris and Hans M. Kristensen, "NRDC Nuclear Notebook: U.S. Nuclear Forces, 2006", *Bulletin of Atomic Scientists* 62 (2006),1, 68-71.
26. Ministry of Communication of PRC and National Bureau of Statistics of China, "Bulletin of the Data from the Second National Road Survey", (China: 6 February 2002), <http://www.stats.gov.cn/tjgb/qttjgb/ggqttjgb/t20020331.15498.htm> (12 March 2007), p.1.
27. Matthew G. McKinzie et al., *The U.S. Nuclear War Plan, A Time for Change* (Washington, DC: National Resources Defense Council, 2001), 54, <http://www.nrdc.org/nuclear/warplan/index.asp> (12 March 2007).
28. Смотрите [22], [23].
29. Zhang Xuanjie et al., "Scanning the Chinese Strategic Missile Force in RMA from All Perspective, Half-Month Talking", [http://news.xinhuanet.com/mil/2004-06/08/content\\_1513441.htm](http://news.xinhuanet.com/mil/2004-06/08/content_1513441.htm) (12 March 2007).
30. О ракете DF-21 смотрите, например, "DF-21/CSS-5", <http://www.fas.org/nuke/guide/china/theater/df-21.htm> (12 March 2007).
31. На этом рисунке ТЗПУ DF-31 движется по простому мосту, [http://product.news.sohu.com/ml/uppic/20050802112\\_749191465.jpg](http://product.news.sohu.com/ml/uppic/20050802112_749191465.jpg) (12 January 2007).
32. Gao Hang, Ed., "History: Second Artillery became a Strategic Force with Nuclear Retaliatory Capability", <http://news.xinhuanet.com/mil/2005-07/31/content.3282531.htm> (12 March 2007).
33. Su Ruodan, "Witnessing the Big Military Exercise in the Century", <http://www.chinamil.com.cn/item/sjyb2000/cont007.htm> (12 March 2007).
34. Смотрите [33].
35. Смотрите [1].
36. Смотрите [15]. p.2.0.5.
37. Alan Vick, Richard M. Moore, Bruce R. Prime, and John Stillion, *Aerospace Operations Against Elusive Ground Targets* (Santa Monica: RAND: 2001), 1-10.
38. Для ознакомления с историей радара с синтетической апертурой смотрите, например, Robert S. Winokur et al., "Operational Use of Civil Space-Based Synthetic Aperture Radar (SAR)", Report Prepared by the Interagency Ad Hoc Working Group on SAR (Washington, DC, NASA, July 1996)", <http://southport.jpl.nasa.gov/reports/iwgsar> (12 March 2007), p.1.
39. David A. Whelm, "Discoverer II Program Summary", 2000 IEEE International Radar Conference, Washington, DC, May 2000. <http://140.98.193.112/iel5/6874/18502/00851794.pdf?tp=&arnumber=851794&isnumber=18502> (12 March 2007), p.7-8.
40. G. D. Duchak, "Discoverer II: A Space Architecture for Information Dominance", *Aerospace Conference Proceedings: 2000, IEEE, vol.7*, <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7042/19014/00879270.pdf?arnumber=879270> (12 March 2007), p.12.
41. Смотрите [40].
42. The Space and Missile Systems Center, "Fact Sheet: Discoverer II Joint Program", [http://www.losangeles.af.mil/SMC/PA/Fact.Sheets/discoverer\\_2/pdf](http://www.losangeles.af.mil/SMC/PA/Fact.Sheets/discoverer_2/pdf) (12 March 2007).
43. Смотрите [39], p.1.
44. Col. Mark T. Hughes, "Discoverer II: Space-Based GMTI/SAR Demonstration Program", Presentation Briefing, <http://www.fas.org/spp/military/program/imint/hughes.pdf> (12 March 2007), p.10.
45. Allan Steinhardt, "Discoverer II: Space Based Radar Concept", Slides of Briefing, 2000, September 2000, [http://www.darpa.mil/DARPATech2000/Presentations/tto\\_pdf/4SteinhardtDIIB&WRev1.pdf](http://www.darpa.mil/DARPATech2000/Presentations/tto_pdf/4SteinhardtDIIB&WRev1.pdf) (12 March 2007), p.5.

46. Arthur C. Walsh, "Homeland Security and the Coast Guard: Postured for Technology Improvements", Occasional Paper No.33 (Center for Strategy and Technology, Air War College: 2000).
47. "Discoverer II (DII): STARLITE", <http://www.globalsecurity.org/space/systems/discoverer2.htm> (12 March 2007).
48. David A. Whelan et al., "Discoverer II: Global Space-Based Ground Surveillance: Mission Utility and Performance of Discoverer", *Aerospace Conference Proceedings*, 2000, IEEE, 5, 1-11.
49. Allan Steinhardt, "Discoverer II: Space Based Radar Concept", Script of Briefing, September 2000, [http://www.darpa.mil/DARPATech2000/Speeches/TTOSpeeches/TTODiscovererII\(Steinhardt\).doc](http://www.darpa.mil/DARPATech2000/Speeches/TTOSpeeches/TTODiscovererII(Steinhardt).doc).
50. Frank Sietzen, Jr, "Congress Set To Kill Off Milspace Radar Project", *Space Daily*, 16 May 2000, <http://www.spacedaily.com/news/discovery2-00c.html> (12 March 2007).
51. John A. Tirpak, "The Space Based Radar Plan", *Air Force Magazine*, August 2002, 62-66.
52. The Space and Missile Systems Center, "Fact Sheet: Space-Based Radar (SBR)", [http://www.losangeles.af.mil/smc/pa/fact\\_sheets/sbr.htm](http://www.losangeles.af.mil/smc/pa/fact_sheets/sbr.htm) (12 March 2007).
53. Defense Science Board Task Force, "Contribution of Space-Based Radar to Missile Defense", Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, June 2004. <http://acq.osd.mil/dsh/reports/2004-06-spacebasedradar.pdf> (12 March 2007).
54. U.S. Government Accountability Office, "Space-Based Radar Effort Needs Additional Knowledge before Starting Development", July 2004, GAO-04-759.
55. <http://www.globalsecurity.org/space/systems/sr.htm> (12 March 2007).
56. Dwayne A. Day, "Radar love: the tortured history of American space radar programs", *The Space Review*, January 22, 2007, <http://www.thespacereview.com/article/790/1> (March 26, 2007).
57. Mark E. Davis, "Space Based Radar Core Technology Challenges for Affordability", 2001 Core Technology for Space Systems, Conference Dig., Colorado Springs, November 2001, [http://spacecoretech.org/coretech2001/Proceedings/29\\_NOV\\_THU/TRACK\\_2/ARS\\_I/pdfs/SpaceBasedRadarPaper.pdf](http://spacecoretech.org/coretech2001/Proceedings/29_NOV_THU/TRACK_2/ARS_I/pdfs/SpaceBasedRadarPaper.pdf) (12 March 2007).
58. Диаметр контейнера DF-31, судя по оценкам, должен быть равен 1.2 м, а ширина платформы оценивается примерно в 1.5 м (хотя можно принять ширину в 1.2 м). Для скрытности от радара предположим, что весь прицеп снабжен дополнительным покрытием шириной 1.5 м.
59. <http://www.hebeitown.com/Get/tangshan/181420506.htm> (26 January 2007).
60. Ministry of Communication of the PRC, "Chuan-Jiu Road, A Model Project", [http://www.moc.gov.cn/05chengjiu/gonglu/t20050627\\_24012.htm](http://www.moc.gov.cn/05chengjiu/gonglu/t20050627_24012.htm) (26 January 2007).
61. Смотрите [57].
62. Смотрите [37].
63. Eugene F. Knott et al., *Radar Cross-Sections* (Raleigh, NC: SciTech Publishing, Inc: 2004), 152-251.
64. Eugene F. Knott et al., *Radar Cross-Sections* (Raleigh, NC: SciTech Publishing, Inc: 2004), Fig. 6.19.
65. Либер и Пресс полагают, что США могут уничтожить китайские ядерные силы большой дальности для ответного удара, а технические перспективы благоприятны для США (смотрите [13]). Их выводы были основаны на нереальных допущениях относительно идеальной американской разведки. Критические замечания приведены в статье Ли Бина «Бумажный тигр с отбеленными зубами», *China Security* (осень 2006), 78-89.