

Подозрения, что Пхеньян стремится к обладанию ядерным оружием, существовали давно. Правда, подтвердить или опровергнуть эти подозрения очень тяжело. КНДР является самой закрытой страной в мире. Информация о состоянии ее ядерных программ очень скудна и противоречива. Эта информация в значительной степени основывается на оценках различных разведывательных служб. Но таким оценкам тоже не всегда можно доверять полностью, что продемонстрировала вторая война в Ираке. При отсутствии источников информации внутри страны разведывательные службы вынуждены в основном опираться на национальные технические средства разведки и на информацию, полученную от перебежчиков. Однако технические средства разведки (например, спутниковые фотографии) требуют правильной интерпретации и не всегда они могут предоставить полную картину событий. Перебежчики нередко намеренно или невольно предоставляют ложную или искаженную информацию. В условиях недостатка информации разведывательные службы в своих оценках зачастую исходят из самых неблагоприятных сценариев. Да и сами эти оценки меняются со временем или в зависимости от страны, где их делают.

Данная статья ставит своей целью проанализировать доступную в открытых источниках информацию о технических аспектах северокорейской ядерной программы.

ПЛУТОНИЕВАЯ ЯДЕРНАЯ ПРОГРАММА

Газографитовые ядерные реакторы

Работающий газографитовый северокорейский ядерный реактор был спроектирован по образцу британского реактора *Калдер Холл (Calder Hall)*. Реакторы этого типа используют графит в качестве замедлителя и углекислый газ под давлением в качестве теплоносителя. В этих реакторах используется необогащенное металлическое урановое топливо в оболочке из сплава магния. Отсюда общее название этого типа ядерных реакторов *Магнокс (Magnox)* от английского magnesium oxide – оксид магния). Оболочки топливных элементов реакторов *Калдер Холл* сделаны из сплава оксида магния с алюминием. Во Франции также были построены несколько газографитовых реакторов, в которых в качестве оболочек топливных элементов применялся сплав магния с цирконием. Британские и французские газографитовые реакторы использовались как для производства электроэнергии, так и для производства оружейного плутония.

Выбор Северной Кореи в пользу газографитовых реакторов имеет под собой объективную основу:

- конструкция реакторов *Калдер Холл* была рассекречена в конце 1950-х гг. и находилась в открытом доступе для членов МАГАТЭ;

- в КНДР имеются достаточные запасы урансодержащих руд и графита¹;
- такие реакторы не требуют использования тяжелой воды или обогащенного урана, производство которых отсутствовало в Северной Корее в 1980-х гг. Таким образом, возможная зависимость КНДР от зарубежных поставок сводилась к минимуму, что соответствовало общей философии северокорейского общества, ключевым элементом которой является опора на собственные силы.

Использование реакторов типа *Магнокс* имеет, однако, два существенных недостатка:

- по сравнению с оксидным топливом топливо из металлического урана в большей степени подвержено радиационному повреждению в процессе облучения в реакторе и его размеры могут значительно меняться даже при относительно невысоких температурах. Это означает, что существует риск повреждения оболочек топливных стержней, что может привести к необходимости остановки реактора на длительное время для проведения ремонтных работ;
- отработавшее топливо реакторов типа *Магнокс* не может храниться в течение длительного времени после извлечения из реактора, так как магниевая оболочка топливных элементов подвержена коррозии под действием влаги, что может привести к ее разрушению. Поэтому требуется обязательная переработка такого ОЯТ. Обычно время хранения топливных элементов реакторов *Магнокс* не превышает 18 месяцев. Исследования МАГАТЭ показали, что специальными мерами (использование в бассейне-хранилище воды специальной чистоты и химического состава) это время, в принципе, может быть увеличено до пяти лет, после чего ОЯТ все равно необходимо перерабатывать.

КНДР приступила к строительству первого газографитового ядерного реактора в 1979 или в 1980 г. 14 августа 1985 г. реактор достиг критичности и начал функционировать с 1986 г. В КНДР его называют экспериментальным энергетическим ядерным реактором. Электрическая мощность первого северокорейского ядерного реактора составляет 5 МВт, тепловая мощность – от 20 до 30 МВт. Реактор использует топливные элементы длиной около 50 см и диаметром около 2,9 см. Вес одного топливного элемента составляет 6,25 кг, и он покрыт оболочкой из сплава магния и циркония (содержание циркония составляет 0,55%). Активная зона реактора имеет 812 топливных каналов. Каждый канал может вмещать до 10 топливных элементов. Всего в реакторе могут находиться до 8000 топливных элементов. Таким образом, при полной загрузке в активной зоне реактора содержится около 50 т урана.

Информация о том, как работал первый северокорейский газографитовый ядерный реактор, очень ограничена. Утверждается, что вначале существовали серьезные проблемы с его эксплуатацией, но затем северокорейским ученым и инженерам удалось с ними справиться, и реактор постепенно вышел на проектный режим работы.

Эффективность и надежность работы ядерного реактора характеризуется коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ). Этот коэффициент равен отношению количества энергии, которое реактор фактически выработал за определенный период времени, к количеству энергии, которое он мог бы выработать, если бы работал в течение всего периода времени без остановок и на номинальной мощности.

Точных данных об эффективности работы северокорейского реактора нет. Если говорить о газографитовых реакторах в мире, то можно сказать, что это достаточно надежные и эффективные реакторы. Четыре реактора *Калдер Холл* были введены в действие в период с 1956 по 1959 г. и работали до 31 марта 2003 г., то есть более 45 лет. По информации компании *British Nuclear Fuel Limited (BNFL)*, которая эксплуатировала реакторы *Калдер Холл*, их КИУМ достигал 90%².

Строительство второго северокорейского газографитового ядерного реактора началось в Нёнбене в 1985 или в 1986 г. Электрическая мощность этого реактора должна была составить 50 МВт, тепловая мощность – около 200 МВт.

По различным оценкам, пуск реактора не мог состояться раньше конца 1995 г. или начала 1996 г. По условиям Рамочного соглашения между КНДР и США, строительство реактора было в 1994 г. заморожено.

По имеющимся данным, завод по производству топливных элементов в Нёнбене еще в начале 1990-х гг. изготовил топливные элементы для первой активной зоны второго северокорейского газографитового ядерного реактора.

Строительство третьего, самого крупного газографитового ядерного реактора началось в Тхэчхоне в 1989 г. Электрическая мощность этого реактора должна была составить 200 МВт, тепловая мощность – от 600 до 800 МВт.

В 1992 г. северокорейские представители сообщили МАГАТЭ, что они планировали завершить строительство этого реактора в 1996 г. По условиям Рамочного соглашения между КНДР и США, строительство реактора было в 1994 г. заморожено.

Моделью для газографитовых реакторов электрической мощностью 50 МВт и 200 МВт послужил британский газографитовый реактор *Калдер Холл* или французский газографитовый реактор G-2.

Переработка отработавшего ядерного топлива

Лаборатория по производству изотопов

Приблизительно в 1965 г. СССР в рамках межгосударственного соглашения о сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии поставил для Центра ядерных исследований в Нёнбене радиохимическую лабораторию. Эта лаборатория включает в себя 7 горячих камер и 9 перчаточных боксов³ для работы с высокоактивными веществами. В КНДР ее называют Лабораторией по производству изотопов.

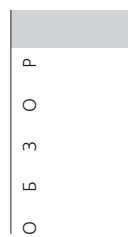
В середине 1960-х гг. эта лаборатория отвечала всем техническим стандартам того времени. Она позволяла выделять радионуклиды общей активностью до 5000 кюри из облученных реакторных топливных элементов, а также проводить различные радиохимические исследования.

По-видимому, именно в этой лаборатории отработывались элементы технологии переработки ОЯТ и выделения плутония. В 1993 г. представители КНДР сообщили инспекторам МАГАТЭ, что еще в 1975 г. в Лаборатории по производству изотопов было выделено около 300 мг плутония из облученных топливных элементов исследовательского реактора ИРТ-2000. Кроме того, Лаборатория по производству изотопов использовалась для производства изотопов для медицинского и промышленного использования, а также для обучения и тренировки персонала.

Радиохимическая лаборатория

Сооружение Радиохимической лаборатории в Нёнбене началось в 1985 г., и к 1992 г. было завершено строительство шестиэтажного здания длиной 180 м, в котором находится лаборатория, а также завершено создание необходимой инфраструктуры.

КНДР представила первоначальную декларацию в МАГАТЭ, и в этой декларации было сказано, что лаборатория предназначалась для обучения специалистов процессу выделения плутония, а также для обращения с ядерными отходами. Однако во время своей первой инспекционной поездки в 1992 г. представители МАГАТЭ пришли к выводу, что «лаборатория» представляет собой предприятие по переработке ОЯТ. После своего визита в КНДР в мае 1992 г. директор Агентства Х. Бликс заявил, что Радиохимическая лаборатория была на 80% готова, но было установлено только 40% внутреннего оборудования. Официальные лица КНДР тогда же сообщили, что ко времени визита Бликса недостающее оборудование было заказано, но еще не доставлено. Х. Бликс сказал, что если бы все оборудование было установлено, «у него не было бы сомнений, что [лаборатория] должна считаться перерабатывающим заводом в нашей терминологии».



В 1992 г. лаборатория имела одну действующую «производственную линию», включающую оборудование для растворения ОЯТ, экстракции и очистки плутония. КНДР использует для переработки ОЯТ наиболее распространенный в мире экстракционный метод «ПУРЕКС» (от английского PUREX – Plutonium URanium EXtraction). Используемые в КНДР технологии переработки ОЯТ были разработаны европейским консорциумом *Eurochemic*, который был оператором перерабатывающего завода в Бельгии в период с 1966 по 1974 г. В 1970-х гг. *Eurochemic* разработал технологии химических процессов, используемых при выделении плутония. В частности, консорциум разработал технологию химического удаления оболочек топливных элементов из магниевых сплавов с облученного уранового топлива, а также технологию связывания среднеактивных жидких отходов процессов переработки с помощью битума. Еще в 1970-х гг. *Eurochemic* опубликовал в изданиях МАГАТЭ и собственных технических отчетах схематические чертежи своего перерабатывающего завода в Бельгии и схемы производственных процессов. Северокорейские специалисты воспроизвели технологии *Eurochemic* в Радиохимической лаборатории в Нёнбене⁴.

В 1993 г. инспекторы МАГАТЭ обнаружили, что Северная Корея собиралась установить в Радиохимической лаборатории вторую «производственную линию», идентичную первой. Эта линия должна была повысить производительность лаборатории в два раза. По некоторым оценкам, максимальная производительность Радиохимической лаборатории может составить от 200 до 250 т ОЯТ в год. В настоящее время она может перерабатывать около 100 т ОЯТ реакторов типа *Магнокс* в год.

Наработка плутония

КНДР имеет два потенциальных источника наработки плутония: газографитовый реактор тепловой мощностью 20–30 МВт и исследовательский реактор ИРТ-2000 тепловой мощностью 8 МВт. О существовании в КНДР каких-либо других источников производства плутония неизвестно.

Основным источником плутония является газографитовый реактор, поскольку, во-первых, его тепловая мощность существенно выше, во-вторых, он значительно более эффективен с точки зрения производства плутония и, в-третьих, он никогда не находился под реальными гарантиями МАГАТЭ. Содержание плутония в топливе зависит от величины энерговыработки, или «выгорания» топлива, которая измеряется в МВт*сутки/т. Величина энерговыработки ОЯТ зависит от тепловой мощности реактора, условий его работы, времени, в течение которого топливо находилось в активной зоне реактора, а также от конструктивных особенностей реактора. Такая точная информация о характеристиках и условиях работы северокорейского газографитового реактора отсутствует. Тем не менее, мы можем провести ряд оценок, которые позволят качественно определить количество плутония, которое могло быть наработано в этом реакторе.

Точная тепловая мощность северокорейского газографитового реактора неизвестна. КНДР всегда приводила только его электрическую мощность – 5 МВт. Для оценок примем, что тепловая мощность этого реактора составляет 25 МВт. Такое соотношение электрической и тепловой мощности – 1/5 – примерно соответствует характеристикам британских газографитовых реакторов *Калдер Холл*⁵.

Реактор начал работать в 1986 г. и был остановлен в марте 1994 г. для выгрузки активной зоны. В соответствии с условиями Рамочного соглашения между КНДР и США, он был заморожен в 1994 г. и вновь запущен только в феврале-марте 2003 г., после того как КНДР заявила о выходе из ДНЯО и возобновлении своей ядерной программы. Реактор вновь был остановлен для выгрузки топлива в апреле 2005 г. Также имеются данные о том, что реактор останавливали на 71 день в 1989 г., на 30 дней в 1990 г. и на 50 дней в 1991 г. Эти остановки в работе реактора могли быть использованы для его частичной или полной перезагрузки с целью последующей переработки ОЯТ.

Косвенно возможность осуществления выгрузки топлива из реактора подтверждают данные исследования мазковых проб, взятых инспекторами МАГАТЭ в Радиохимической

кой лаборатории. Эти данные свидетельствуют, что Северная Корея могла провести три отдельные кампании по выделению плутония из ОЯТ в 1989, 1990 и 1991 гг.

Указанные остановки реактора могли быть также вызваны проблемами, связанными с деформацией и разрушением топливных элементов. Топливо из металлического урана подвержено радиационному повреждению в процессе облучения. Его размеры могут значительно меняться даже при относительно невысоких температурах, что может приводить к разрушению оболочек топливных элементов и выходу из них радиоактивных продуктов деления. Американская делегация, посетившая Центр ядерных исследований в Нёнбене в ноябре 1994 г., обнаружила около 700 поврежденных топливных элементов, хранившихся на реакторной площадке⁶. Такое большое количество поврежденных топливных элементов может свидетельствовать о том, что северокорейские специалисты испытывали значительные трудности с эксплуатацией реактора, по крайней мере в первые несколько лет его работы.

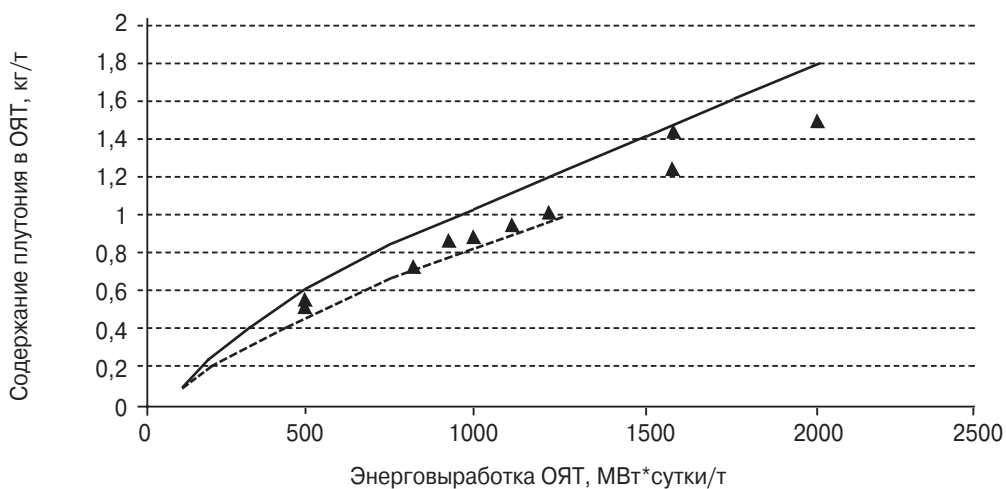
Следует также отметить, что реальная энерговыработка топлива зависит от места расположения топливных элементов в активной зоне реактора. Топливные элементы, которые находятся в центре активной зоны, имеют большую энерговыработку, чем топливные элементы, находящиеся на периферии активной зоны. Реальная энерговыработка топлива может также зависеть от конкретных условий эксплуатации реактора. Северокорейские специалисты утверждали, что в начальный период эксплуатации газографитовый реактор в целях безопасности работал с частично вдвинутыми в активную зону стержнями аварийной защиты. Это приводило к подавлению нейтронного потока в верхней части реактора, что в свою очередь служило причиной того, что топливные элементы, находившиеся в нижней части активной зоны, имели большую энерговыработку, чем топливные элементы, находившиеся в верхней части активной зоны.

Возможно, что во время остановок реактора в 1989, 1990 и 1991 гг. из него были выгружены поврежденные топливные элементы, а также топливные элементы, имевшие наибольшую энерговыработку.

Перед выгрузкой ОЯТ в 1994 г. северокорейская сторона уведомила МАГАТЭ, что ей требуется около двух месяцев для полной перезагрузки активной зоны газографитового реактора. По словам официального представителя МАГАТЭ, северокорейские специалисты начали выгрузку ОЯТ из реактора 10 мая 1994 г., и к 15 июня они практически завершили эту процедуру. Таким образом, остановки реактора в 1989, 1990 и 1991 гг. были достаточно длительными для того, чтобы перегрузить значительную часть его активной зоны.

Для оценки содержания плутония в ОЯТ северокорейского газографитового реактора в зависимости от энерговыработки воспользуемся кривыми, приведенными ниже на рисунке.

Зависимость содержания плутония от энерговыработки ОЯТ



Р
О
З
Б
О

Этот рисунок требует некоторого пояснения. Верхняя кривая – это расчетная зависимость содержания плутония в ОЯТ реакторов типа *Магнокс* от энерговыработки ОЯТ⁷. Нижняя кривая – это оценка производства плутония в стандартном газографитовом реакторе типа французского реактора G1⁸. Треугольные маркеры – это реальные значения содержания плутония в ОЯТ реакторов *Магнокс*, полученные в результате переработки этого ОЯТ на английском перерабатывающем заводе B205 и на французских перерабатывающих заводах UP1 и UP2⁹. Видно, что реальные значения содержания плутония в ОЯТ реакторов типа *Магнокс* лежат между двумя оценочными кривыми. Мы будем использовать обе эти кривые для получения диапазона оценок наработки плутония в северокорейском газографитовом реакторе.

Если предположить, что реактор в Северной Корее работал на номинальной тепловой мощности круглый год, то средняя годовая энерговыработка топлива составила бы около 180 МВт*сутки/т. Если затем предположить, что одна и та же активная зона находилась в таком работающем без остановок на номинальной мощности реакторе с начала 1986 г. и до марта 1994 г., то средняя энерговыработка ОЯТ составила бы около 1500 МВт*сутки/т. Однако реальная ситуация была далека от такой идеальной картины.

В 1992 г., когда в КНДР начались инспекции МАГАТЭ, северокорейские представители сказали инспекторам Агентства, что перезагрузки активной зоны реактора не было и что одна и та же активная зона находилась в реакторе с самого начала его эксплуатации в 1986 г. Они также сказали, что в активной зоне реактора на начало 1992 г. находилось около 17 кг плутония. Такая величина соответствует энерговыработке ОЯТ в 300–400 МВт*сутки/т. Если предположить, что активная зона реактора действительно не перегружалась (за исключением нескольких сотен поврежденных топливных элементов, выгрузку которых из реактора подтвердили представители КНДР), то средняя тепловая мощность в течение шести лет работы реактора составляла 6,8–9,2 МВт, а средний КИУМ в этот период составлял 27–37%.

В соответствии с заявлениями КНДР и оценками МАГАТЭ, средняя энерговыработка ОЯТ после его выгрузки из активной зоны реактора в 1994 г. составляла около 600–700 МВт*сутки/т.

КНДР также предоставила инспекторам МАГАТЭ некоторые данные о режиме работы своего реактора. Основываясь на этой информации, можно выделить четыре четко выраженных периода эксплуатации северокорейского газографитового реактора¹⁰:

- период 1 – с начала 1986 г. до середины 1987 г. В этот период средняя тепловая мощность реактора составляла около 4 МВт, средний КИУМ – около 15%;
- период 2 – с середины 1987 г. до середины 1989 г. В этот период средняя тепловая мощность реактора составляла 12–13 МВт, средний КИУМ – около 50%;
- период 3 – с середины 1989 г. до начала 1991 г. В этот период средняя тепловая мощность реактора составляла около 6 МВт, средний КИУМ – около 25%;
- период 4 – с начала 1991 г. до марта 1994 г. В этот период средняя тепловая мощность реактора составляла 16–18 МВт, средний КИУМ – 65–70%.

Определенные вопросы вызывает период 3, поскольку северокорейская сторона не предоставила никаких объяснений, почему в этот период мощность реактора была заметно снижена. Определенные подозрения вызывает тот факт, что это необъясненное снижение мощности приходится на то же время, что и возможные необъявленные выгрузки ОЯТ из активной зоны. Достаточно правдоподобным в этом случае кажется предположение, что в 1989 г. значительная часть активной зоны реактора все-таки могла быть перезагружена. Если предположить, что активная зона была перезагружена целиком, а затем, начиная с середины 1989 г., реактор работал с характеристиками периода 4, то к марту 1994 г. средняя энерговыработка ОЯТ должна была составлять 575–625 МВт*сутки/т, что приблизительно соответствует заявлениям самой КНДР и оценкам МАГАТЭ. Если бы была перезагружена только часть активной зоны, то средняя

энерговыработка ОЯТ в марте 1994 г. должна была быть несколько выше. При частичной перезагрузке активной зоны в первую очередь выгружались бы топливные элементы с наибольшей энерговыработкой, поскольку именно в них содержится наибольшее количество плутония.

Рассмотрим два сценария. Первый сценарий: активная зона не перегружалась и находилась в реакторе с 1986 г. по март 1994 г. Второй сценарий: активная зона была полностью перезагружена в 1989 г. Все другие возможные варианты укладываются между этими двумя сценариями.

В первом сценарии мы имеем одну активную зону со средней энерговыработкой ОЯТ около 650 МВт*сутки/т. Такая активная зона содержит от 28 до 36 кг плутония. Этот плутоний приблизительно на 94–95% состоит из изотопа Pu-239 и лишь на 5–6% из других изотопов плутония, из которых подавляющее количество приходится на изотоп плутоний-240.

Принято считать, что плутонием оружейного качества является плутоний, который содержит не менее 93–94% изотопа Pu-239 и не более 6–7% изотопа плутоний-240¹¹. Таким образом, плутоний северокорейского газографитового реактора соответствует по изотопному составу плутонию оружейного качества.

Для получения оружейного плутония на британских газографитовых реакторах *Калдер Холл* обычно достигалась средняя энерговыработка ОЯТ в 400 МВт*сутки/т. При такой энерговыработке содержание плутония в ОЯТ составляет 0,4–0,45 кг/т, а содержание изотопа Pu-239 – более 96%.

Во втором сценарии мы имеем все те же 28–36 кг плутония в активной зоне, выгруженной в 1994 г. Кроме того, мы имеем еще одну активную зону, выгруженную в 1989 г. Эта активная зона имеет среднюю энерговыработку ОЯТ около 180–190 МВт*сутки/т, и в ней содержится от 9 до 11 кг плутония. Этот плутоний приблизительно на 98–98,5% состоит из изотопа Pu-239 и лишь на 1,5–2% – из плутония-240.

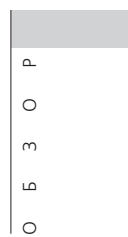
Таким образом, до вступления в силу Рамочного соглашения 1994 г. КНДР могла нарабатывать в своем газографитовом реакторе от 28 до 47 кг плутония оружейного качества.

После возобновления работы реактора в феврале-марте 2003 г. он работал в течение двух лет. В начале апреля 2005 г. реактор был остановлен для выгрузки топлива с целью его последующей переработки. Если предположить, что КИУМ реактора был в течение этих двух лет примерно таким же, что и перед его остановкой в 1994 г., то есть около 70%, то средняя энерговыработка выгруженного ОЯТ составляла около 250 МВт*сутки/т. Если северокорейским специалистам удалось улучшить характеристики работы реактора и поднять КИУМ до 80%, то в этом случае средняя энерговыработка выгруженного ОЯТ составляла около 300 МВт*сутки/т. Такая активная зона содержит от 12,5 до 17,5 кг плутония оружейного качества.

Что касается исследовательского реактора ИРТ-2000, то существуют различные оценки количества плутония, который мог быть наработан в этом реакторе. Американские разведывательные службы считают, что КНДР могла нарабатывать в этом реакторе от 1 до 2 кг плутония. В МАГАТЭ полагают, что это количество не превышает килограмма¹².

Итого общее количество плутония, наработанное в двух северокорейских ядерных реакторах, может составлять от 42 до 67 кг. Еще раз отмечу, что эта оценка обладает большой степенью неопределенности.

Конечно, самым важным является вопрос, сколько выделенного плутония может иметь КНДР. Северокорейские официальные лица неоднократно заявляли, что они переработали все ОЯТ, выгруженное из газографитового реактора в 1994 г., и что переработка ОЯТ, выгруженного в 2005 г., началась в конце июня или начале июля и была близка к завершению в конце августа того же года. Можно предположить, что была также переработана значительная часть (или даже все) ОЯТ, которое выгружалось до 1994 г., если такие выгрузки имели место.



Потери плутония в процессе переработки в Радиохимической лаборатории неизвестны, но можно предположить, что они в любом случае не превышают 10%.

Итак, если из ОЯТ был выделен весь наработанный плутоний, то КНДР может иметь в своем распоряжении от 38 до 60 кг выделенного плутония оружейного качества.

Визиты в КНДР бывшего директора Лос-Аламосской лаборатории З. Хекера

В январе 2004 г. и в августе 2005 г. в КНДР побывал бывший директор Лос-Аламосской лаборатории З. Хеккер. В 2004 г. он посетил Центр ядерных исследований в Нёнбене, а в 2005 г. встретился в Пхеньяне с директором этого центра. Такие поездки представляют большой интерес, поскольку они дают редкую возможность получить информацию о северокорейской ядерной программе из первых рук, тем более от человека, являющегося ядерным оружейным специалистом.

В 2004 г. Хекер посетил газографитовый реактор, здание, в котором находится бассейн для хранения отработанного топлива и Радиохимическую лабораторию. Кратко итоги его визита в Центр ядерных исследований в Нёнбене и в Пхеньян в январе 2004 г. можно сформулировать следующим образом:

- он убедился, что реактор электрической мощностью 5 МВт работал и, по-видимому, находился в удовлетворительном техническом состоянии;
- он видел, что на площадке недостроенного газографитового реактора электрической мощностью 50 МВт не велось никаких строительных работ. Недостроенное здание реактора находилось в плохом состоянии, бетонные конструкции дали трещины, а металлические элементы конструкций были сильно повреждены коррозией;
- он не обнаружил в бассейне-хранилище топливных стержней, выгруженных из реактора в 1994 г. Северокорейские специалисты заявили, что все топливные стержни к тому времени уже были переработаны в Радиохимической лаборатории;
- северокорейские представители сообщили членам американской делегации, что они переработали все 8 тыс. топливных стержней в Радиохимической лаборатории за одну кампанию, с середины января до конца июня 2003 г. Они заявили, что мощность их радиохимической лаборатории позволяет перерабатывать 375 кг урана в сутки. Мощность объекта при нормальных условиях работы составляет 110 т отработанных топливных стержней в год. Поэтому они смогли завершить кампанию по переработке 50 тонн ОЯТ менее чем за шесть месяцев. Северокорейские представители продемонстрировали требуемое оборудование, технический опыт и знания, необходимые для переработки плутония в интересующем масштабе;
- северокорейские представители заявили, что первоначально намеревались развивать топливный цикл для гражданских целей (это означает, что они могли хранить плутониевый продукт в виде оксида плутония), но из-за враждебных действий со стороны США они решили перевести весь плутоний в металл;
- американской делегации показали металлический контейнер, который содержал деревянную коробку со стеклянными сосудами, в которых, как сказали северокорейские представители, содержалось 150 г порошка двуокиси плутония и 200 г плутония в виде металла. На вопрос о его плотности они ответили, что «плотность 15–16 г/см³ и что это сплав» (обычная практика в металлургии плутония, применяемая для стабилизации δ -фазы плутония, что облегчает литье и формовку при изготовлении деталей для ядерных взрывных устройств);
- заместитель министра иностранных дел КНДР в беседе с членами американской делегации заявил, что у КНДР нет программы по обогащению урана¹³.

Во время визита в Пхеньян в августе 2005 г. З. Хекер встретился с директором Центра ядерных исследований в Нёнбене, который сказал следующее:

- газографитовый реактор электрической мощностью 5 МВт работал с февраля 2003 г. по апрель 2005 г. без технических проблем;
- активная зона реактора была выгружена в апреле 2005 г. с целью дальнейшей переработки и извлечения наработанного плутония;
- довольно ранняя выгрузка активной зоны была инициирована опасениями по поводу состояния топливных элементов, которые были произведены еще до 1994 г.;
- после выгрузки оказалось, что топливные элементы находятся в хорошем состоянии;
- свежее топливо было загружено в реактор, и он возобновил работу в середине июня 2005 г.;
- северокорейские специалисты в настоящее время обновляют завод по производству свежего ядерного топлива с тем, чтобы возобновить его работу. Последняя партия топлива, произведенная до 1994 г., была загружена в реактор;
- 8 тыс. топливных стержней были выгружены из реактора в апреле 2005 г. и охлаждались в течение приблизительно трех месяцев в бассейне-хранилище;
- в конце июня или начале июля 2005 г. началась переработка этого ОЯТ с целью извлечения плутония. В конце августа 2005 г. переработка ОЯТ была почти завершена;
- пропускная способность Радиохимической лаборатории была увеличена в 1,3 раза за счет технической модернизации;
- как и в 2003 г., плутоний был переведен в металлическую форму;
- КНДР собирается возобновить строительство газографитового реактора электрической мощностью 50 МВт. Проект реактора был переработан, и вскоре будут возобновлены строительные работы. Директор Центра ядерных исследований предположил, что они смогут достроить этот реактор в течение двух лет¹⁴;
- что касается реактора электрической мощностью 200 МВт в Тхэчхоне, то северокорейские специалисты считают, что возобновление его строительства потребует затрат, превышающих строительство подобного реактора «с нуля»¹⁵.

УРАНОВАЯ ЯДЕРНАЯ ПРОГРАММА

В ходе визита в КНДР в октябре 2002 г. заместитель Государственного секретаря США Дж. Келли объявил, что Соединенные Штаты располагают информацией о существовании в Северной Корее «секретной» программы по обогащению урана. По словам Келли, на встрече в октябре северокорейские представители признали факт существования программы по обогащению урана. Однако впоследствии различные официальные лица КНДР неоднократно опровергали как это утверждение Келли, так и факт наличия такой программы в Северной Корее.

Следует признать, что практически не существует какой-либо конкретной информации, подтверждающей наличие у КНДР активной программы по обогащению урана. Даже если такая программа существует, неизвестно, на какой стадии развития она находится: на стадии НИР, ОКР, создания экспериментальных или полномасштабных производств.

Однако почти не вызывает сомнения то, что КНДР получила извне, в основном из Пакистана, определенную информацию и материалы, касающиеся центрифужной технологии обогащения урана.

В начале 2004 г. миру стало известно о существовании «черного» рынка ядерных материалов и технологий, который возглавлял А.К. Хан, пакистанский ученый-ядерщик, бывший руководитель пакистанской ядерной программы, которого считают «отцом» пакистанской атомной бомбы. Подпольная сеть Хана действовала с конца 1980-х или с начала 1990-х гг. Она занималась поставкой ядерных материалов и технологий в другие страны. Среди ее клиентов были Иран, Ливия и КНДР.

В августе 2005 г. в интервью японскому информационному агентству *Киодо* президент Пакистана Первез Мушарраф признал, что А.К. Хан передавал КНДР технологии обогащения урана, включая газовые центрифуги, части к ним и документацию по их производству. Мушарраф не стал опровергать утверждение о том, что Хан мог поставить в КНДР некоторое количество гексафторида урана (UF_6) – газа, который необходим для обогащения урана в центрифугах¹⁶.

Известно, что Хан лично посещал КНДР, а северокорейские специалисты посещали его лабораторию.

В печати появлялись сообщения о том, что Пакистан предоставлял Пхеньяну ядерные технологии в обмен на помощь от КНДР в разработке и производстве баллистических ракет. Мушарраф, однако, опроверг утверждения о том, что передача пакистанских ядерных технологий КНДР была санкционирована на высшем уровне и производилась в порядке бартера в рамках программы разработки Пакистаном ракеты среднего радиуса действия *Гаури* на основе северокорейской ракеты *Нодон*. По словам Мушаррафа, Пакистан сотрудничал с КНДР в сфере разработки обычных вооружений, в том числе при создании ракеты *Гаури*, однако никогда такое сотрудничество не касалось стратегического и ядерного оружия.

В ноябре 2002 г. ЦРУ полагало, что в Северной Корее строится экспериментальный завод по обогащению урана, который может быть введен в эксплуатацию «в середине десятилетия». Этот завод позволил бы Пхеньяну ежегодно производить такое количество высокообогащенного урана оружейного качества, которого хватило бы для создания одного или двух ядерных взрывных устройств. Однако неизвестно, на чем были основаны эти оценки.

Известно, что завод по производству свежего металлического уранового топлива для газографитового реактора в Центре ядерных исследований в Нёнбене занимается конверсией уранового концентрата в оксид урана (UO_2). Для производства уранового металла оксид урана обычно вначале превращают в тетрафторид урана (UF_4). Если КНДР производит тетрафторид урана, то для нее, в принципе, не составило бы большого труда произвести гексафторид урана.

В печати появлялись сообщения о попытках КНДР приобрести за рубежом материалы, которые могут быть использованы для создания центрифуг, в частности высокопрочные алюминиевые трубы и кобальтовый порошок высокой чистоты. В апреле 2003 г. власти Франции, Германии и Египта блокировали поставку в КНДР 22 т высокопрочных алюминиевых труб, первую поставку из общего заказа в 200 т. Этого количества могло бы хватить для производства около 3,5 тыс. газовых центрифуг. Тем не менее неизвестно, удалось ли Северной Корее получить необходимые материалы и компоненты, и если удалось, то в каком количестве.

Добыча и обогащение урановой руды, изготовление топлива

Запасы урансодержащих руд на территории КНДР в начале 1990-х гг. оценивались в 26 млн т (более 15 тыс. т урана)¹⁷, из них около 4 млн т – это руды, пригодные для промышленной разработки.

КНДР имеет несколько шахт по добыче урана, а также от двух до четырех производств по обогащению урановой руды. Точное число урановых шахт, объемы добычи урановой руды и производства уранового концентрата неизвестны.

В Центре ядерных исследований в Нёнбене находится завод по производству топливных элементов для газографитовых ядерных реакторов. На заводе осуществляется конверсия уранового концентрата (U_3O_8) в оксид урана (UO_2) и последующее изготовление металлического уранового топлива. Сооружение завода было начато в 1986 г., а в начале 1987 г. на нем началось изготовление топлива. В 1992–1993 гг. завод ежегодно производил около 16 тыс. топливных элементов, которые содержали до 100 т урана. Однако имеется информация, что завод способен производить до 200–300 т свежего топлива в год. Таким образом, потенциально этот завод способен обеспечить топливом не только работающий газографитовый реактор электрической мощностью 5 МВт, но и недостроенные газографитовые реакторы электрической мощностью 50 и 200 МВт¹⁸.

Топливные элементы для первой активной зоны газографитового реактора электрической мощностью 5 МВт были произведены на экспериментальном заводе в Нёнбене. Этот завод функционировал с 1983 по 1986 г., но затем был закрыт из-за технических проблем.

ЕСТЬ ЛИ У КНДР ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ?

Центральное разведывательное управление США еще в середине 1990-х гг. пришло к выводу, что КНДР «произвела один, возможно, два ядерных заряда».

10 февраля 2005 г. Министерство иностранных дел КНДР выступило с заявлением, в котором говорится, что Северная Корея обладает ядерным оружием.

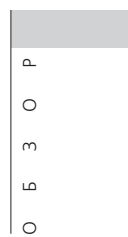
Северная Корея не проводила испытания ядерного взрывного устройства, и поэтому отсутствует окончательное, самое убедительное доказательство способности государства создать ядерное оружие. Однако следует помнить, что Израиль также никогда не проводил ядерных испытаний, однако практически никто не сомневается, что он обладает ядерным арсеналом. Южная Африка тоже не испытывала ядерного оружия, однако это не помешало ей создать шесть атомных урановых бомб.

КНДР имеет плутоний оружейного качества в количестве, достаточном для изготовления нескольких ядерных взрывных устройств. Плутоний заставляет северокорейских специалистов использовать импловзивную схему для создания ядерного взрывного устройства. Создание такого устройства, в принципе, является технически более сложной задачей, чем урановое ядерное взрывное устройство на принципе пушечного сближения. Однако эти трудности не являются непреодолимыми, особенно если принять во внимание тот громадный научно-технический прогресс, достигнутый за шестьдесят лет, прошедших со времени создания первого импловзивного плутониевого взрывного устройства. Более того, существует достаточное количество открытой информации, посвященной этим вопросам.

Имеются данные, что в 1990-е гг. КНДР на двух взрывных площадках провела более сотни взрывных экспериментов. Высказывались предположения, не подтвержденные, правда, какими-либо убедительными доказательствами, что в ходе этих экспериментов северокорейские специалисты могли отрабатывать импловзивную схему ядерного взрывного устройства.

Если же в КНДР действительно есть программа по обогащению урана, и она сможет произвести достаточное количество высокообогащенного урана необходимого качества, то она будет способна в этом случае использовать и схему пушечного сближения.

Если понимать под ядерным оружием систему, объединяющую ядерные боеприпасы, средства их доставки к цели и средства управления, то следует учитывать, что для создания такой системы потребовалось бы решить ряд научно-технических вопросов в дополнение к решению главной проблемы создания самого ядерного взрывного устройст-



ва. В настоящее время отсутствует какая-либо информация, которая позволяла бы судить о том, достигла ли Северная Корея заметного прогресса в этом направлении.

В ходе реализации своей ядерной программы северокорейские специалисты продемонстрировали способность решать сложные научно-технические задачи и успешно преодолевать возникающие трудности.

Одним словом, КНДР продемонстрировала, что у нее имеются технические возможности, кондиционные материалы и научно-технические кадры, необходимые для решения задачи создания ядерного взрывного устройства. Однако пока не будет проведено испытание такого устройства, могут оставаться оправданные сомнения в его существовании.

ВЫВОДЫ

Первое. Корейская Народно-Демократическая Республика собственными силами создала полный плутониевый топливный цикл, который включает добычу и переработку урановой руды, производство свежего топлива для ядерных реакторов, наработку плутония в процессе облучения топлива в ядерном реакторе, переработку отработавшего ядерного топлива и выделение из него плутония.

Второе. КНДР отработала технологию создания и эксплуатации газографитовых ядерных реакторов типа *Магнокс*. По-видимому, северокорейским специалистам удалось успешно преодолеть технические проблемы, с которыми они столкнулись на начальной стадии эксплуатации реактора этого типа.

Третье. К середине 2005 г. в КНДР могло быть наработано приблизительно от 40 до 65 кг плутония оружейного качества. Работающий в настоящее время газографитовый реактор электрической мощностью 5 МВт позволит дополнительно нарабатывать приблизительно от 6 до 8 кг плутония оружейного качества в год.

Четвертое. Если КНДР воплотит в жизнь свои планы и сможет завершить строительство газографитового ядерного реактора электрической мощностью 50 МВт, это радикально изменит ее возможности по производству плутония. Этот реактор позволит Северной Корее дополнительно нарабатывать от 50 до 70 кг плутония оружейного качества в год.

Пятое. КНДР отработала технологию переработки отработавшего ядерного топлива реакторов типа *Магнокс* с целью выделения из него плутония. Есть все основания полагать, что все или почти все ОЯТ газографитового ядерного реактора электрической мощностью 5 МВт было переработано в Радиохимической лаборатории в Центре ядерных исследований в Нёнбене. КНДР к настоящему моменту может иметь от 35 до 60 кг выделенного плутония оружейного качества в металлической форме.

Шестое. Северокорейские специалисты обладают необходимым производственным потенциалом, техническим опытом и знаниями, которые позволят им в будущем переработать не только ОЯТ существующего газографитового реактора электрической мощностью 5 МВт, но и ОЯТ реактора электрической мощностью 50 МВт, если последний будет достроен.

Седьмое. Северная Корея продемонстрировала определенные знания и технический потенциал в области металлургии плутония, в частности для получения d-фазы плутония, которая облегчает литье и формовку при изготовлении деталей для ядерных взрывных устройств.

Восьмое. Существуют подозрения, что КНДР развивает программу по обогащению урана. При этом до сих пор не было представлено конкретных доказательств, подтверждающих наличие в КНДР активной программы по обогащению урана. Однако известно, что КНДР получила извне, в основном из Пакистана, определенную информацию и материалы, касающиеся центрифужной технологии обогащения урана, включая газовые центрифуги, части к ним и документацию по их производству.

Девятое. В ходе реализации своей ядерной программы северокорейские специалисты продемонстрировали способность решать сложные научно-технические задачи и успешно преодолевать возникающие трудности.

Десятое. КНДР продемонстрировала, что у нее имеются технические и производственные возможности, кондиционные материалы и научно-технические кадры, необходимые для успешного решения задачи создания ядерного взрывного устройства.

Примечания

¹ По запасам графита КНДР занимает одно из ведущих мест в мире.

² См. <http://www.bnfl.com/index.aspx?page=410>

³ Рожков О.В. Лекция «Ядерная программа КНДР», Московский физико-технический институт, 18 марта 2003 г. <http://www.armscontrol.ru/course/lectures03a/ovr30318.htm>. Георгий Кауров в своей статье пишет, что лаборатория имела в своем составе 20 горячих камер и 20 перчаточных боксов.

⁴ DPRK: *Eurochemic* and Calder Hall Clones. WISE News Communique. 1994, May 6. <http://www.antenna.nl/wise/411/4072.html>

⁵ Albright David, Berkhout Frans and Walker William. Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996: World Inventories, Capabilities and Policies. SIPRI, Oxford University Press, 1997. P. 60. Первоначальная тепловая мощность реакторов *Калдер Холл* была 180 МВт, а их электрическая мощность – 42 МВт.

⁶ Alvarez Robert. North Korea: No Bygones at Yongbyon. *Bulletin of Atomic Scientists*. 2003, July/August, V. 59, No. 4. P. 39–45.

⁷ Heavy-Element Concentrations in Power Reactors. NUS Corporation, SND-120-2. 1977, May.

⁸ Albright David, Berkhout Frans and Walker William. P. 462–463.

⁹ Ibid. P. 479–483.

¹⁰ Albright David, O'Neill Kevin (eds). Solving the North Korean Nuclear Puzzle. Institute for Science and International Security (ISIS), 2000. P. 118–121.

¹¹ См., например: Albright David, Berkhout Frans and Walker William. P. 19; или: Carson Mark. Explosive Properties of Reactor-Grade Plutonium. *Science & Global Security*. 1993, V. 4. P. 113.

¹² The North Korean Plutonium Stock Mid-2005. Institute for Science and International Security (ISIS). 2005, September 7. <http://www.isis-online.org/publications/dprk/dprkplutoniumstockmid05.pdf>

¹³ Hecker Siegfried. Visit to Yongbyon Nuclear Scientific Research Center in North Korea. Hearing of the Senate Committee on Foreign Relations. www.fas.org/irp/congress/2004_hr/012104hecker.pdf

¹⁴ Некоторые эксперты сомневаются, что этот срок является реалистическим. Они полагают, что реактор может быть достроен в течение 4–5 лет.

¹⁵ Hecker Siegfried. Technical summary of DPRK nuclear program. 2005 Carnegie International Non-Proliferation Conference, Washington, D.C., November 8, 2005.

¹⁶ «Мушарраф: пакистанский ученый передавал ядерные технологии КНДР». *РИА Новости*. <http://www.rian.ru/world/asia/20050824/41218891.html>

¹⁷ Открытый доклад СВР за 1993 год. «Новый вызов после «холодной войны»: распространение оружия массового уничтожения». <http://svr.gov.ru/material/2-1.html>

¹⁸ Там, где не указано иначе, сведения о ядерной программе КНДР приводятся по данным американского фонда «Инициатива по снижению ядерной угрозы» (Nuclear Threat Initiative). http://www.nti.org/e_research/profiles/NK/Nuclear

