

# УТИЛИЗАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОГО ОРУЖЕЙНОГО ПЛУТОНИЯ – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В. И. Рыбаченков<sup>1</sup>

Процесс двустороннего сокращения стратегических наступательных ядерных вооружений, начало которому было положено вступлением в силу в 1994 г. российско-американского Договора СНВ-1, поставил в повестку дня проблему утилизации значительных количеств оружейных расщепляющихся материалов – высокообогащенного урана (ВОУ) и плутония, – извлекаемых из демонтируемых ядерных боезарядов.

О масштабах задачи свидетельствуют следующие данные. За почти 50-летний период холодной войны США наработали около 110 тонн оружейного плутония<sup>2</sup>. Официальные данные о советском производстве этого материала отсутствуют. Заслуживает внимания недавняя экспертная оценка количества оружейного плутония, наработанного в СССР – 129,8 тонн.<sup>3</sup> Эта оценка хорошо согласуется с оценкой, просчитанной с использованием следующей логической цепочки: в заявлении Президента России на Московском Саммите по ядерной безопасности в апреле 1996 г. было выражено намерение поставить под контроль МАГАТЭ сооружаемое под Челябинском хранилище делящихся материалов, где будет находиться около 40 процентов запасов оружейного плутония России.<sup>4</sup> Учитывая, что по данным Минатома, планируемая емкость хранилища составляла 50 тонн, получаем оценку количества плутония, наработанного в СССР, порядка 125 тонн. За этот же временной отрезок было произведено, по экспертным оценкам, 1250 тонн ВОУ в СССР и 850 тонн – в США.<sup>5</sup>

## Специфика утилизации оружейного плутония

Утилизация ВОУ осуществляется путем снижения содержания делящегося изотопа U-235 с 93-95%, характерных для оружейного урана, до 3-5% в процессе разбавления ВОУ природным или слабообогащенным ураном. Получающийся в результате низкообогащенный уран пригоден для изготовления топлива АЭС и, следовательно, этот способ утилизации целесообразен с экономической точ-

---

<sup>1</sup> Ведущий научный сотрудник Центра по изучению проблем контроля над вооружениями, энергетики и экологии.

<sup>2</sup> Global Fissile Material Report 2010. Fifth annual report of the International Panel on Fissile Materials, p.28, [http://www.fissilematerials.org/ipfm/site\\_down/gfmr10.pdf](http://www.fissilematerials.org/ipfm/site_down/gfmr10.pdf)

<sup>3</sup> Anatoli Diakov, The History of Plutonium Production in Russia, Science and Global Security, Volume 19, Number 1, January-April 2011.

<sup>4</sup> Московская встреча на высшем уровне по ядерной безопасности, апрель 1996 г. «Международная жизнь», 1996.

<sup>5</sup> Global Fissile Material Report 2010, pp. 58, 28.

ки зрения. В рамках подписанного в 1993 г. российско-американского межправительственного соглашения ВОУ/НОУ, предусматривающего перевод в течение двадцати лет 500 тонн извлеченного из российского ядерного оружия урана в низкообогащенный уран для топлива американских АЭС, российскими специалистами была разработана уникальная технология разбавления ВОУ, позволяющая получать на выходе продукт, отвечающий требованиям национального стандарта США. За истекший период на трех предприятиях Росатома было разбавлено около 450 тонн ВОУ, за счет которого в США ежегодно вырабатывается 10% общего количества электроэнергии.

Однако метод разбавления не применим к утилизации плутония оружейного качества. Плутоний в природе отсутствует и является материалом искусственного происхождения. Когда речь идет о плутонии, обычно имеется в виду смесь его изотопов, которая нарабатывается в ядерном реакторе в результате захвата нейтронов ядрами урана. В оружейном плутонии содержание делящегося изотопа плутоний-239 свыше 90%. По определению МАГАТЭ, любой плутоний, содержащий менее 80% неделящегося изотопа плутоний-238, относится к материалу прямого использования, то есть в принципе может быть непосредственно использован в ядерных взрывных устройствах.<sup>6</sup> Стоит отметить, что для урана этот порог определен степенью обогащения по U-235 свыше 20%. Если учесть, что в мире нарабатывается незначительное количество изотопа плутоний-238 (порядка нескольких десятков килограммов в год), то его использование в качестве разбавителя оружейного плутония практически нереализуемо. Неприменим для разбавления и плутоний, выделяемый при химической переработке отработавшего топлива энергетических ядерных реакторов. В нем соотношение концентраций изотопов 239 и 240 может достигать 60% к 40% и, в соответствии с определением МАГАТЭ, подобное разбавление не переводит оружейный плутоний в форму, непригодную для изготовления ядерного взрывного устройства.

## **К истории вопроса**

Пик экспертных обсуждений вопроса выбора оптимальных вариантов утилизации оружейного плутония пришелся на середину 1990-х годов, однако по настоящему этапным событием, создавшим благоприятную атмосферу для развития международного сотрудничества в данной области, стала Московская встреча на высшем уровне по ядерной безопасности 1996 г. В декларации Саммита была подтверждена важность перевода избыточных оружейных расщепляющихся материалов в отработавшее топливо или другие формы, равным образом непригодные для изготовления ядерного оружия. Участниками встречи была выражена решимость определить стратегию утилизации таких материалов, включая варианты перевода оружейного плутония в смешанное уран-плутониевое (МОКС) топливо ядерных реакторов, а также остекловывание

---

<sup>6</sup> Гарантии МАГАТЭ, Глоссарий, Государственный комитет по использованию атомной энергии Москва, 1983.

совместно с высокорadioактивными отходами.<sup>7</sup> Были также одобрены планы проведения соответствующих маломасштабных технологических демонстраций и строительства пилотных установок.

В соответствии с рекомендацией Саммита в октябре 1996 г. в Париже состоялась международная встреча экспертов для рассмотрения возможных путей утилизации оружейного плутония. По итогам состоявшейся дискуссии и с учетом того, что основная масса наработанного плутония в мире находится в отработавшем топливе (свыше 2000 тонн), эксперты пришли к выводу, что оптимальным в плане нераспространения, а также с точки зрения экономических и экологических требований, является вариант облучения оружейного плутония в МОКС-топливе энергетических реакторов (типичный изотопный состав МОКС-топлива для легководных реакторов: 5% плутония и 95% обедненного урана). В качестве реалистического дополнительного варианта была названа иммобилизация плутония (остекловывание совместно с радиоактивными отходами).

Следующим важным этапом стало сделанное в сентябре 1998 г. совместное заявление Президентов России и США о принципах обращения с плутонием, заявленным как более не являющимся необходимым для целей обороны. Главы государств подтвердили намерение каждой из стран изъять из своих ядерных оружейных программ около 50 тонн плутония и переработать его так, чтобы нельзя было использовать этот материал для производства ядерных взрывных устройств. Президенты согласились, что оба правительства будут сотрудничать в достижении данной цели и призвали другие страны, включая государства «восьмерки», подключиться к совместным усилиям. Было также заявлено, что стороны незамедлительно начнут переговоры с целью заключения соответствующего межправительственного соглашения.

### **Российско-американская договоренность 2000 г.**

В соответствии с указаниями Президентов, в 1999-2000 гг. состоялись переговоры по разработке текста такого соглашения, работа над которым была завершена к концу лета 2000 г. 30 августа и 1 сентября соответственно премьер-министр Правительства Российской Федерации М. Касьянов и вице-президент США А. Гор подписали межправительственное соглашение об утилизации плутония, заявленного как плутоний, не являющийся более необходимым для целей обороны, обращению с ним и сотрудничеству в этой области.

К наиболее важным положениям Соглашения следует отнести:

- необратимость перевода избыточного плутония в формы, непригодные для изготовления ядерного оружия;

---

<sup>7</sup> Отверждение порошкообразного плутония совместно с радиоактивными отходами путем их смешивания со стеклообразующими материалами, высокотемпературного розлива образующегося стекловидного продукта в толстостенные контейнеры для застывания и последующего захоронения.

- параллелизм и паритет российской и американской утилизации избыточного плутония – каждая из сторон будет утилизировать в форме топлива легководных энергетических реакторов не менее 34 тонн плутония оружейного качества (изотопное отношение плутония 240 к плутонию 239 не более 0.1);
- возможность утилизации дополнительных количеств плутония, которые могут быть выведены из ядерных оружейных программ в будущем;
- транспарентность для международного сообщества, обеспечиваемая взаимным мониторингом и инспекционной деятельностью в отношении утилизируемого плутония, отработавшего топлива и соответствующих производственных установок. Кроме того, предусматривается начало консультаций с МАГАТЭ с целью заключения договоренности об осуществлении Агентством контрольной деятельности в рамках Соглашения;
- гарантии России в отношении предоставления непрерывного технического и финансового содействия на всех этапах реализации российской программы утилизации плутония.

В Соглашении зафиксировано, что стороны предпринимают все усилия для завершения строительства необходимых промышленных объектов и их ввода в строй до 30 декабря 2007 г. при номинальном темпе утилизации не менее 2 тонн в год. При этом, однако, Россия не обязана начинать такое строительство до заключения многостороннего соглашения о международном содействии российской программе.

В соответствии со статьей XIII Соглашение применяется временно с даты подписания и вступает в силу с даты последнего письменного уведомления о выполнении сторонами своих внутригосударственных процедур, необходимых для его вступления в силу. Для России это означает, что соглашение вступает в силу после его ратификации Государственной Думой.

### **Десять потерянных лет**

Казалось бы, что после столь резвого старта в разработке и подписании Соглашения открываются реальные перспективы скорейшего начала его выполнения, однако ход дальнейших событий развеял эти иллюзии.

По решению Саммита «восьмерки» в конце 2000 г. была создана специальная рабочая группа по разработке финансового плана многостороннего содействия реализации российской программе утилизации. За четырехлетний период работы группы суммарный задекларированный донорский взнос в программу составил около 850 млн. долл. США (из них 400 млн. – США, около 450 млн. – другие доноры стран восьмерки), в то время как по расчетам российской стороны на эти цели требовалось не менее 4 млрд. долл. В 2007 г. американская сто-

рона уведомила российскую сторону, что сумма донорского вклада около 800 млн. долл. является окончательной и ожидать ее увеличения не следует.<sup>8</sup>

Российская сторона, как при подписании соглашения, так и при дальнейших переговорах с зарубежными донорами, оставалась на позиции, что финансирование российской программы утилизации избыточного плутония оружейного качества будет осуществляться из внешних для России источников. Вместе с тем, российские эксперты пришли к окончательному выводу, что поскольку стратегия развития ядерной энергетики в России не предусматривает использование МОКС-топлива в легководных реакторах, финансирование программы утилизации плутония в легководных реакторах из госбюджета является нецелесообразным.<sup>9</sup> Однако, с учетом того, что отказ от выполнения Соглашения 2000 г. мог бы осложнить отношения России и США, а также негативно сказаться на международных усилиях по укреплению режима ядерного нераспространения, российская сторона инициировала разработку такого сценария реализации национальных программ утилизации плутония, который согласовывался бы с планами развития атомной энергетики в России и был бы приемлем для обеих сторон.

В итоге интенсивных российско-американских консультаций США согласились с целесообразностью использования для целей программы утилизации в России реакторов на быстрых нейтронах БН-800 (находится в процессе сооружения) и БН-600 (эксплуатируется с 1980 г.) вместо легководных реакторов ВВЭР-1000.

Далее стороны приступили к разработке Протокола к Соглашению 2000 г., который внес бы в него изменения, отражающие новые реалии. Работа над документом шла в течение трех лет, и он был подписан 13 апреля 2010 г. Министром иностранных дел России С. Лавровым и Госсекретарем США Х. Клинтон в ходе Вашингтонского Саммита по ядерной безопасности. Кроме того, в сентябре 2010 г. министры направили совместное письмо в адрес Генерального директора МАГАТЭ Ю. Аmano, запрашивающее содействие Агентства в разработке юридически обязывающего международного механизма контроля за выполнением двустороннего соглашения по плутонию.

### **Особенности обновленной договоренности по утилизации плутония**

Потребовался еще один год для того, чтобы обновленное в соответствии с согласованным Протоколом российско-американское Соглашение было ратифицировано Государственной Думой России. Оно вступило в силу 13 июля 2011 г. после обмена дипломатическими нотами в Вашингтоне между С. Лавровым и

---

<sup>8</sup>Second annual report of the International Panel on Fissile Materials p. 38, 2007, [http://www.fissilematireals.org/ipfm/site\\_down/gfmr07.pdf](http://www.fissilematireals.org/ipfm/site_down/gfmr07.pdf)

<sup>9</sup> Plutonium management and disposition Agreement, US Department of State Office of the spokesman April 13, 2010.

Х. Клинтон. Одновременно был ратифицирован Протокол о гражданской ответственности за ядерный ущерб, подписанный сторонами в 2006 г.<sup>10</sup>

К числу основных изменений, внесенных в соглашение 2000 г., относится следующее :

- Каждая из сторон осуществляет утилизацию 34 тонн избыточного оружейного плутония методом облучения МОКС-топлива в энергетических реакторах. Общее количество в 34 тонны состоит из 25 тонн плутония в виде металлических оружейных компонентов или металла, а также 9 тонн оксида. Российский плутоний утилизируется в реакторах на быстрых нейтронах БН-600 и БН-800, а США используют для утилизации легководные реакторы. Завершение переоборудования первого российского реактора на быстрых нейтронах запланировано на 2013-2014 гг., а окончание строительства второго – на 2012-2013 гг. Для утилизации плутония как в США, так и в России могут быть также задействованы перспективные высокотемпературные модульные реакторы с газовым охлаждением после завершения их разработки и сооружения. Утилизация плутония в реакторе БН-600 проводится без радиальной зоны воспроизводства плутония, а реактор БН-800 эксплуатируется с коэффициентом воспроизводства плутония менее единицы.
- Каждая из сторон предпринимает все необходимые шаги, чтобы завершить в возможно короткие сроки сооружение и ввод в эксплуатацию реакторов и других установок, необходимых для достижения темпа утилизации 1.3 тонны в год.
- Стороны начинают консультации с МАГАТЭ в целях заключения с Агентством соглашения о мерах проверки соответствующих национальных программ утилизации плутония.
- Правительство США предоставляет до 400 млн. долл. на содействие реализации российской программы при условии выделения указанной суммы Конгрессом. Эти деньги не должны использоваться для финансирования строительства реактора БН-800 и могут идти на проведение проектных, исследовательских и экспериментальных работ, а также на закупку соответствующего оборудования (300 млн) и организацию контроля за ходом выполнения российской программы (100 млн). Их выплата осуществляется на основании согласованных Исполнительными органами по Соглашению (Росатом и Минэнерго США) поэтапных временных графиков работ и их технико-экономического обоснования.
- Эти же органы предпринимаяют усилия для привлечения средств других доноров, однако реализация российской программы не ставится в зави-

---

<sup>10</sup> Ключевым является положение Протокола о том, что российская сторона не предъявляет никаких претензий Правительству США и его персоналу или подрядчикам за убытки или ущерб, причиненные Правительству РФ в ходе деятельности в рамках соглашения об утилизации оружейного плутония за исключением случаев, когда Правительство РФ полагает, что действия или бездействие были совершены с намерением причинить ущерб.

симось от наличия или отсутствия таких дополнительных ассигнований. В то же время, Правительство Российской Федерации имеет право приостановить или прекратить выполнение Соглашения в случае решения Правительства США о прекращении заявленного содействия российской программе.

- Предполагаемая дата начала утилизации российского и американского плутония – 2018 год. В случае ввода в строй высокотемпературного газоохлаждаемого реактора в 2019-2021 гг. темпы утилизации плутония в могут быть увеличены.

### **Ход реализации американской программы<sup>11</sup>**

Сооружение комплекса по утилизации американского избыточного оружейного плутония началось в августе 2007 года на площадке бывшего военного ядерного центра Саванна Ривер (штат Ю. Каролина). Комплекс включает три объекта:

- установку по разборке центральных плутониевых частей ядерных боезарядов (pits) и конверсии металлического плутония в порошок двуокиси плутония;
- завод по производству МОКС-топлива;
- установку по отверждению радиоактивных отходов, образующихся в результате деятельности первых двух объектов.

Строительство МОКС-завода оценочной стоимостью 4.8 млрд. долл. и пропускной способностью 3.5 тонн оружейного плутония в год планируется завершить в октябре 2016 г. Лицензия на технологию промышленного производства смешанного уран-плутониевого топлива была приобретена у французской ядерной корпорации AREVA, имеющей многолетний практический опыт работы в этой области (по некоторым данным стоимость сделки составила порядка 100 млн. долл.). В настоящее время готовность завода оценивается в 60% – завершено сооружение 11 из 16 вспомогательных зданий, а также электрической подстанции, начат завоз технологического оборудования и испытания перчаточных боксов. Всего на стройке занято 1800 рабочих и инженеров.

Для расширения круга потребителей ведется работа по проектированию второй линейки по производству МОКС-топлива для легководных реакторов на кипящей воде (в дополнение к основной линейке, которая призвана обслуживать легководные реакторы под давлением). В этих же целях принято решение о поставках МОКС-топлива по цене на 20% ниже по сравнению с традиционным урановым топливом. Но даже с учетом этой скидки, суммарный доход от продажи МОКС-топлива может дать федеральному бюджету от 1 до 2 млрд. долл. На сегодняшний день в числе потенциальных потребителей фигурирует энергетическая корпорация «Администрация долины Теннесси» (Tennessee

---

<sup>11</sup> Department of Energy, NNSA FY 2012 Congressional Budget Request, pp. 377-382, [www.nnsa.energy.gov](http://www.nnsa.energy.gov); NNSA MOX fuel fabrication, [www.nnsa.energy.gov](http://www.nnsa.energy.gov), February 14, 2011.

Valley Authority), с которой Минэнерго подписало письмо о намерениях относительно поставок уран-плутониевого топлива для пяти легководных реакторов. Установка по утверждению РАО оценочной стоимостью 435 млн. долл. также имеет 60-процентную степень готовности и может быть введена в строй уже в 2013 г.

Сложнее обстоит дело с установкой по разборке центральных плутониевых частей и конверсии металлического плутония, окончательный облик и место размещения которой на площадке пока не определены. Соответственно, нет ясности и с ее оценочной стоимостью. Тем не менее зафиксировано, что этот объект должен начать функционировать не позднее 2018 г. В связи с тем, что данная установка является поставщиком исходного сырья для завода по производству МОКС-топлива, который должен начать работу уже в 2016 г., было принято решение заполнить образующуюся двухлетний пробел за счет поставок порошка двуокиси плутония из имеющихся в Саванна Ривер запасов, а также с маломасштабной конверсионной установки ARIES в Лос-Аламосской национальной лаборатории (первые сертифицированные 240 кг такого оксида уже поступили в октябре с.г.).

Существенную роль в подтверждении безопасности эксплуатации нового ядерного топлива сыграло облучение в одном из американских энергетических реакторов четырех экспериментальных топливных МОКС-сборок, изготовленных в 2007 г. во Франции с использованием 100 кг американского оружейного плутония. Проведенные по итогам четырехлетнего облучения исследования (в том числе методами разрушающего контроля) не выявили каких-либо аномалий в тепловыделяющих элементах.

### **Выполнение российской плутониевой программы<sup>12</sup>**

В России рассматривались три площадки для размещения производства МОКС-топлива для БН-800: ПО Маяк (Челябинская обл.), Сибирский химический комбинат (Томск-7) и Сибирский горно-химический комбинат (ГХК, Красноярск-26). Однако после длительных согласований было принято решение о размещении предприятия по промышленному производству МОКС-топлива для реактора БН-800 на площадке ГХК в г. Железногорске.<sup>13</sup>

Строительство этого предприятия оценочной стоимостью 7 млрд. руб.<sup>14</sup> осуществляется в рамках Федеральной Целевой Программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 годов и на перспективу до 2020 года». Проектом предусматривается производство таблеточного МОКС-топлива как из оружейного плутония, так и из хранящегося на ГХК диоксида

---

<sup>12</sup> Mixed Oxide Fuel: World Nuclear Association, updated August 2011.

<sup>13</sup> ГХК определен площадкой для размещения промышленного производства МОКС-топлива. [http://www.nuclear.ru/rus/press/nuclear\\_cycle/2117460/](http://www.nuclear.ru/rus/press/nuclear_cycle/2117460/)

<sup>14</sup> Стоимость создания производства МОКС-топлива на ГХК <http://www.atomic-energy.ru/news/2011/06/03/22978>



плутония. Выпуск конечного продукта предполагается в виде тепловыделяющих сборок (ТВС), причем производительность предприятия должна составить 400 ТВС в год, а его ввод в строй запланирован на конец 2014 г. Ранее предполагалось, что ГХК будет выпускать только уран-плутониевые гранулы (гранулят), которые в дальнейшем пойдут на производство виброуплотненного топлива. Однако, поскольку технология виброуплотненного топлива требует дальнейшей доработки, было принято решение о переходе на изготовление таблеточного МОКС-топлива.

Сооружение реактора БН-800 ведется на площадке Белоярской АЭС (Свердловская обл.). Его физический пуск намечен на сентябрь 2013 г., а энергетический – на первый квартал 2014 г.<sup>15</sup> Первоначально в реакторе будет использоваться так называемая гибридная зона, состоящая из МОКС-топлива и топлива, изготовленного из оксида урана. Обогащение МОКС-топлива по плутонию в среднем составляет 22%. Предполагается начальная загрузка МОКС-топлива двух видов: таблеточного и виброуплотненного. Для первичной загрузки гибридной зоны МОКС-топливом таблетки и твэлы будут изготовлены на ПО «Маяк», а их сборка произведена в НИИ атомного реакторостроения (НИИАР, г. Димитровград). Виброуплотненное МОКС-топливо будет производиться в НИИАР, а урановое топливо – на Машиностроительном заводе (г. Электросталь). Маломасштабное производство таблеточного топлива уже ведется на установке «Пакет» на НПО «Маяк», а в конце 2011 г. здесь же начнется сборка тепловыделяющих сборок<sup>16</sup>. Эта же установка будет использоваться для создания гибридной зоны БН-600. С пуском завода по промышленному производству МОКС-топлива в Железногорске в 2014 г. начнется переход на 100% загрузку активной зоны БН-800 МОКС-топливом, который должен завершиться в 2017 г.

Еще одна заслуживающая внимание проблема – перевод в практическую плоскость американского финансового содействия российской плутониевой программе. Как указывалось выше, обновленным Соглашением предусмотрено, что трансферты соответствующих сумм осуществляются после предоставления Росатомом плана выполнения национальной плутониевой программы с разбивкой на этапы и указанием объема средств, необходимых для реализации каждого из них (*Milestone Plan and how much money is needed for each milestone*). В своем выступлении в Московском Центре энергетики и безопасности в августе 2011 г. старший директор по вопросам ОМУ–терроризма и уменьшения угрозы в Совете национальной безопасности США Л. Холгейт сообщила, что такого рода документ американская сторона пока не получала, что исключает возможность утверждения Конгрессом целевых бюджетных запросов Минэнерго США в интересах Росатома (именно по этой причине Конгресс

---

<sup>15</sup> О. Сараев: Физический пуск реактора БН-800 запланирован на сентябрь 2013 г. <http://www.nuclear.ru/rus/press/nuclearenergy/2124052/>

<sup>16</sup> На ПО «Маяк» до конца года начнется снаряжение твэлов для реактора БН-800 [http://www.nuclear.ru/rus/press/nuclear\\_cycle/2124056/](http://www.nuclear.ru/rus/press/nuclear_cycle/2124056/)

уже дважды аннулировал подобные ежегодные запросы объемом 100 млн. долл. каждый). Тем не менее, можно предположить, что эта проблема будет решена в ближайшие месяцы, поскольку руководство Росатома вряд ли пойдет на отказ от столь солидного внешнего вклада в российскую программу утилизации избыточного оружейного плутония, пик реализации которой, судя по всему, придется на 2012-2013 гг.

## **Заключение**

Вступление в силу российско-американского соглашения по утилизации избыточного оружейного плутония стало важным шагом на пути ядерного разоружения и укрепления режима нераспространения ОМУ. Впервые достигнута договоренность о необратимом переводе столь значимых объемов базового расщепляющегося материала прямого военного назначения в форму, непригодную для производства ядерного оружия.

Начата параллельная реализация обеспеченных стабильным финансированием соответствующих национальных программ, итогом которых в течение ближайших 15-20 лет должна стать конверсия «сырья», пригодного для изготовления 17 тысяч ядерных боезарядов, в топливо атомных электростанций.

*25 декабря 2011 г.*