

GREENPEACE

ГРИНПИС

отделение международной неправительственной некоммерческой организации
"Совет Гринпис"

125040, Москва, ул. Новая Башиловка, 6, тел./факс 626-50-45, www.greenpeace.ru

Для писем: 127994, Москва, ГСП-4, Гринпис России, gprussia@ru.greenpeace.org

Для телеграмм: 125040, Москва, Ленинградский просп., 26, корп. 1

Информация об утилизации отходов промышленности по обогащению урана

Гринпис России, 2007

Содержание:

1. Обедненный гексафторид урана
 2. Запасы и стратегии обращения с обедненным ураном
 3. Возможность использования обедненного урана в реакторах на быстрых нейтронах
 4. Себестоимость обращения с обедненным ураном
 5. Окупаемость утилизации обедненного урана за счет реализации плавиковой кислоты, получаемой в результате обесфторивания ОГФУ
 6. Утилизация обедненного урана в России
 - 6.1. Обедненный уран отечественного происхождения
 - 6.2. Обедненный уран, ввозимый из Западной Европы
 - 6.3. Обедненный уран, получаемый в рамках международных проектов
 7. Резюме
- Ссылки

1. Обедненный гексафторид урана

Процентное содержание расщепляющего изотопа урана-235, необходимого для реакции деления, в природном уране составляет порядка 0,7%. Для использования в качестве топлива легко-водяных реакторов процентное содержание урана-235 должно быть увеличено до 3-5%. Для обогащения уран предварительно переводят в форму гексафторида урана – соль шестивалентного урана и плавиковой кислоты. При нормальном давлении и температуре +56,4 градусов по Цельсию гексафторид урана переходит из твердого состояния в газообразное минуя жидкую фазу. Работу, необходимую для обогащения урана оценивают в единицах разделительных работ (ЕРР). Единица разделительной работы - это количество усилий, которые необходимы для достижения установленной степени обогащения. Количество ЕРР напрямую зависит от объема энергии, потребляемой обогатительной установкой. Современные центрифужные установки потребляют 50-60 кВт-ч электроэнергии на ЕРР [1].

Обогащенный гексафторид урана переводят в форму диоксида, для дальнейшего получения уранового топлива.

В процессе обогащения наряду с обогащенным гексафторидом урана образуется большое количество обедненного гексафторида урана (ОГФУ) с процентным содержанием урана-235 0,35% и ниже. Приблизительное соотношение ОГФУ и

обогащенного урана, получаемого в процессе обогащения природного урана, выглядит следующим образом:

для получения 1 килограмма урана с обогащением 3,6% (1,48 кг обогащенного гексафторида урана) необходимо затратить 4,5 ЕРР для обогащения 8 кг природного урана с обогащением 0,7% (11,9 кг гексафторида урана с природным обогащением) с получением на выходе 7 кг обедненного урана с обогащением 0,3% (10,4 кг обедненного гексафторида урана).

Иными словами из 8 кг изначального сырья (в рассматриваемом случае из природного урана) 7 кг (87%) попадает в так называемые «отвалы» или «хвосты» в виде обедненного гексафторида урана.

На практике возможно до-обогащение самих отвалов, которое имеет смысл, в случае если себестоимость ЕРР низкая, а отвалы как сырье обходятся по низкой или нулевой стоимости. Именно это практикует Росатом, принимая западноевропейские урановые отвалы, которые рассматриваются западноевропейскими компаниями как отходы, требующие утилизации. Покупка российской стороной западноевропейских урановых отвалов сопровождается отдельными контрактами на предоставление услуг по обогащению этих отвалов и продажей обогащенного урана странам-поставщикам урановых «хвостов» (по объему порядка 10% от массы ввозимого изначально сырья) [1].

Приблизительное соотношение ОГФУ и обогащенного, например, до природного уровня урана, получаемого в процессе до-обогащения отвалов, выглядит следующим образом:

для получения 1 килограмма урана с природным обогащением 0,7% (1,48 кг обогащенного гексафторида урана) необходимо затратить 0,7 ЕРР для обогащения 6,4 кг отвального урана с обогащением 0,3% (9,5 кг отвального гексафторида урана) с получением на выходе 5,4 кг более обедненного урана с обогащением 0,22% (8,1 кг обедненного гексафторида урана).

Иными словами из 6,4 кг изначального сырья (в рассматриваемом случае из отвального урана) 5,4 кг (или 84%) попадает во вторичные отвалы в виде гексафторида урана с еще большим обеднением.

Часть западноевропейских отвалов дообогащается таким образом, что обедненный в процессе до-обогащения уран имеет обогащение выше 0,22%. Поэтому в случае ввоза западноевропейских отвалов в России остается не 84%, а 90% массы изначально ввозимого сырья.

Часть оставшихся отвалов проходят еще одно до-обогащение. Выделяемый в этом случае обогащенный уран используется для внутренних нужд, а объем отвалов уже с обогащением 0,1% сокращается. В результате порядка 70-80% массы изначально ввозимых западноевропейских отвалов с обогащением, которое делает обогащение экономически невыгодным даже для Росатома, остается в России [3].

Сам по себе ОГФУ является опасным веществом, хранение которого технологически довольно сложный процесс. При разгерметизации стальных контейнеров в которых содержится ОГФУ возможно поражение с летальным исходом в радиусе 500-1000 м. [3]. Соответственно, радиус поражения с ущербом для здоровья оказывается еще выше.

Аварии с разгерметизацией и человеческими жертвами известны в истории урановой промышленности в том числе в СССР. Из известных недавних аварий на

обогащительном производстве можно выделить аварию 22 декабря 2003 года на заводе по конверсии гексафторида урана компании "Honeywell" штат Иллинойс. Там произошла утечка гексафторида урана, которая привела к эвакуации живущих неподалеку людей, госпитализации 4 человек и остановке производства. Совсем недавно произошел инцидент на Ангарском Электрохимическом комбинате – в результате удара молнии комбинат, на котором хранится ОГФУ, был обесточен.

2. Запасы и стратегии обращения с обедненным ураном

В мире, из-за невозможности широкого коммерческого применения, накоплены огромные запасы отвального гексафторида урана. Утилизация отходов обедненного гексафторида урана является одной из нерешенных проблем ядерной энергетики. Только Россия и США накопили уже около 1,5 млн. тонн ОГФУ [4, 5]. Запасы России составляют порядка 700 000 тонн ОГФУ отечественного происхождения и порядка 125 000 тонн западноевропейского ОГФУ (не представляющего экономического интереса с точки зрения обогащения). В США складировано 740 тысяч тонн ОГФУ. Запасы отвального гексафторида урана постоянно растут.

Стратегически существуют 2 подхода к обедненному урану в зависимости от того рассматривать этот уран в качестве сырья или отходов.

В случае если обедненный уран рассматривается как отходы, его переводят в стабильную форму оксидов и направляют на захоронение. Пока в мире нет примеров окончательного захоронения обедненного урана. Эта стратегия выбрана США, где обедненный уран до недавнего времени рассматривался как сырье для дальнейшего использования, но с 2005 года такая точка зрения начала меняться и сейчас в США возможно захоронение обедненного оксида урана [5].

В случае, если обедненный уран рассматривается как сырье для реакторов на быстрых нейтронах, предполагается его долговременное хранение. Хранение осуществляется либо в изначальной форме гексафторида урана, либо предполагает конверсию ОГФУ в более стабильную форму, обеспечивающую безопасное хранение.

Во Франции обедненный уран не рассматривается как радиоактивные отходы и предполагается к хранению в форме оксида урана. Большая часть запасов ОГФУ Франции переведена в форму U_3O_8 [6]. К аналогичному варианту обесфторивания приходят и США.

В России руководство Федерального агентства по атомной энергии рассматривает отвальный гексафторид урана исключительно как ценное энергетическое сырье, не подлежащее захоронению. Единая форма долговременного хранения обедненного урана пока не выбрана. С одной стороны представители атомной отрасли заявляют, что в типовых контейнерах под открытым небом гексафторид урана может храниться безопасно до 100 лет. Это противоречит позиции Ростехнадзора, который утверждает, что *«хранение емкостей с отвальным гексафторидом урана на промплощадках не отвечает современным требованиям безопасности»* [7].

С другой стороны одно из четырех российских предприятий, занимающееся обогащением урана, ФГУП «ПО «Электрохимический завод» приобрело французскую технологию перевода гексафторида урана в форму оксида [8].

Кроме того, в Росатоме на базе Ангарского электрохимического комбината ведутся исследовательские работы по изучению технологии перевода ОГФУ в форму тетрафторида урана (т.н. установка «Кедр»). Необходимо отметить, что во Франции эта форма хранения не была признана перспективной.

В любом случае безопасное длительное (первые десятилетия) хранение требует обесфторивание гексафторида урана и его складирование, чем в настоящее время озабочен Росатом. На встрече с общественностью Томской области в г. Северск 12 апреля 2006 года руководитель Росатома С. Кириенко, отвечая на вопрос о судьбе отходов

гексафторида урана ответил примерно следующее: сейчас мы рассматриваем три варианта обращения с отвальным гексафторидом урана, среди них технология фирмы «Кожема» и российская технология. Если мы не сможем решить вопрос по утилизации «хвостов» обедненного гексафторида урана, то я готов принять решение о прекращении ввоза зарубежного обедненного гексафторида урана.

3. Возможность использования обедненного урана в реакторах на быстрых нейтронах

Вопрос дальнейшего использования обедненного урана, накопленного в России, является принципиальным, так как от него зависит выбор между хранением и захоронением обедненного урана. Среди способов коммерческого использования обедненного урана наиболее перспективным признается использование в реакторах на быстрых нейтронах. Иногда представители Росатома рассматривают ОГФУ как источник получения фтора для коммерческого использования [2, 9], что является не совсем корректным, так как фтор является побочным продуктом технологии обесфторивания и такой способ его получения является более дорогим по сравнению с другими способами получения фтора (см. ниже).

С точки зрения использования обедненного урана в реакторах на быстрых нейтронах, тезис о том, что все количество обесфторенного обедненного урана, полученного после конверсии из ОГФУ, может быть использовано в качестве матрицы в смешанном уран-плутониевом оксидном топливе и в бланкетах воспроизводства плутония, не выдерживает критики.

Во-первых, массовое внедрение в России реакторов на быстрых нейтронах под большим вопросом. Единственный российский работающий промышленный энергетический реактор на быстрых нейтронах БН-600 был пущен в 1980 году. Потрачено масса средств и уже почти 30 лет на то, чтобы спроектировать и построить следующий реактор БН-800. «Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века» предусматривает массовое строительство быстрых реакторов только после 2030 года [10].

Помимо стоимости и сроков, существует нерешенная проблема выбора правильной и нужной технологии быстрых реакторов. Так, в России рассматривается вариант внедрения типового реактора со свинцовым теплоносителем типа БРЕСТ [11].

Таким образом, о конкретной программе массового строительства в России реакторов на быстрых нейтронах с указанием количества и типа реакторов, более точных сроков их строительства и ввода в эксплуатацию говорить преждевременно.

Аналогичные программы строительства реакторов на быстрых нейтронах во Франции были свернуты по экономическим и технологическим соображениям.

Во-вторых, даже при допущении реалистичности планов по массовому вводу быстрых реакторов после 2030 года в них не удастся оперативно использовать все имеющееся и планируемое к наработке количество ОГФУ, что потребует его дальнейшего хранения. В 2000 году объем наработанного в России ОГФУ оценивался свыше 700 тыс. тонн. Еще порядка 125 тыс. тонн является продуктом переработки урановых отвалов, ввезенных из-за рубежа по контрактам с западноевропейскими компаниями [3].

Темпы наработки новых отвалов ОГФУ составляют свыше **4 тыс. т ОГФУ/год** за счет обогащения природного урана, добываемого в России (с перспективой роста добычи и обогащения). Кроме того, возможны дальнейший импорт отвалов из Западной Европы, наработка ОГФУ из зарубежного природного урана (в первую очередь из Казахстана) в рамках международных проектов на базе Ангарского ЭХК в объеме порядка **7 800 тонн** ОГФУ в год (см. ниже). Новые отвалы будут также появляться в результате обогащения природной компоненты, возвращаемой США по контракту о продаже российского оружейного урана.

С учетом этих факторов к 2030 году в России будет дополнительно наработано как минимум 200 тыс. тонн ОГФУ. Всего запасы ОГФУ составят к 2030 году свыше 1 млн. тонн гексафторида урана, содержащего свыше 680 тыс. тонн эквивалента металлического урана.

Ежегодная загрузка обедненным ураном в составе топлива подпитки для БН-800 составит от 2,2 до 5,5 т U/год при ежегодной загрузке плутония 0,6 -1,7 т/год [12, 13].

Гораздо большее количество обедненного урана может быть использовано в бланкетах в зоне воспроизводства. Окончательно не решено, какое количество обедненного урана будет облучаться в зоне воспроизводства БН-800 или БРЕСТА. Но предполагается, что это будет порядка 100 тонн металлического эквивалента обедненного урана в год. Для того, чтобы использовать таким образом **680 тыс. тонн** обедненного урана потребуется свыше **6 800** реакторо-лет. Это означает ввод в эксплуатацию более 220 реакторов со сроком службы 30 лет, при условии отсутствия рециклинга облученного топлива, который планируется руководством Росатома. В случае со схемой рециклинга облученного ядерного топлива и бланкетов быстрых реакторов количество реакторо-лет, необходимых для использования наработанного ОГФУ увеличится в соответствии с числом циклов повторного использования облученного урана. Очевидно, что ввод в эксплуатацию такого количества быстрых реакторов нереален. Наибольшая озвученная цифра количества быстрых реакторов, планируемых к вводу в эксплуатацию в России, равнялась 60.

Таблица 1

Продолжительность утилизации 680 тыс. тонн металлического урана в реакторах БН-800

	Количество реакторов БН-800	
	60	>220
Продолжительность утилизации	>110 лет	30 лет
Капитальные вложения в строительство реакторов (порядок), без учета строительства заводов по переработке ОЯТ	\$120 млрд. без учета замещения выбывающих реакторов \$360 млрд. с учетом замещения выбывающих реакторов	\$440 млрд.

Даже без учета экологических аспектов, вопросов безопасности и нераспространения ядерных материалов, а только лишь по временным, техническим и экономических условиям такой путь утилизации 680 тыс. тонн обедненного урана, высвобождающегося после конверсии ОГФУ, выглядит и нереальным. Таким образом, подавляющая часть ОГФУ, скорее всего, рано или поздно должна быть захоронена.

Тезис о том, что накопленный ОГФУ ближе к отходам, чем к сырью звучит в высказываниях представителей атомной науки. Так, заместитель института молекулярной физики российского научного центра Курчатовский институт Г. Григорьев высказался, что на АЭХК профиль, которого обогащение урана не «может быть никаких отходов кроме тех, которые там всегда были от обогащения» [9].

Необходимо уделить особое внимание на вопрос о компенсации расходов на утилизацию ОГФУ (как минимум в части обесфторивания) за счет возможной коммерческой реализации обедненного урана для быстрых ректоров. Принятая в Росатоме практика четко показывает, что этот уран обойдется атомной энергетике на быстрых нейтронах по нулевой или близкой к нулю цене. Этот вывод можно сделать на основе существующей практики хранения плутония для реакторов на быстрых нейтронах. В настоящее время порядка 50 тонн плутония для быстрых реакторов складированы на предприятиях Росатома и концерн «Росэнергоатом» – будущий пользователь этого

плутония – не несет расходы на хранение этого «ценнейшего» энергетического ресурса. Более того, средства на строительство центрального хранилища для этого плутония были выделены Соединенными Штатами.

4. Себестоимость обращения с обедненным ураном

Себестоимость обращения с обедненным ураном включает как минимум:

- строительство мощностей по конверсии (обесфториванию) ОГФУ,
- обесфторивание ОГФУ,
- транспортировку обедненного урана,
- хранение/захоронение обедненного урана.

В мире рассматриваются различные подходы к обесфториванию и утилизации обедненного гексафторида урана. В таблице 2 представлены экономические показатели некоторых вариантов утилизации ОГФУ.

Таблица 2

Себестоимость утилизации ОГФУ, по [3, 5]

Страна/источник расчета	Фторсодержащий продукт конверсии	Форма перевода урана	Обращение с ураном	Цена долл./кг ОГФУ	В том числе себестоимость обесфторивания (конверсии ОГФУ) долл./кг ОГФУ
США/Arjun Makhijani	CaF ₂	UO ₂	захоронение в бетонной матрице	13,59	-
США/Arjun Makhijani	CaF ₂	UO ₂	захоронение в керамической матрице	23,79-30,41	-
URENCO (сводный баланс)	HF	U ₃ O ₈	Захоронение	6,02	-
Германия/URENCO	HF	U ₃ O ₈	Захоронение в хранилище высокоактивных отходов в Горлебене	10,2-22,5	1,26

Кроме того, по заявлению руководителя Росатома, сделанного 22 июня 2007 г. во время встречи с общественностью в Ангарске, себестоимость частичного обесфторивания ОГФУ с переводом в тетрафторид урана на отечественной установке «Кедр» составит 14 рублей за килограмм (0,54 долл./кг). Но так как эти данные были неточные и неизвестно, велся расчет для ОГФУ или для урана, то в настоящей таблице они не приводятся.

5. Окупаемость утилизации обедненного урана за счет реализации плавиковой кислоты, получаемой в результате обесфторивания ОГФУ

Плавиковая кислота (HF), получаемая в результате конверсии ОГФУ, используется в различных отраслях промышленности. Наиболее ценными являются ее свойства растворять труднорастворимые вещества, а также образовывать фториды металлов. Наибольшее применение плавиковая кислота находит в цветной и редкометаллической металлургии, атомной промышленности, а также при получении фреонов, гравировке стекла, обработке кремниевых пластин на производствах полупроводников, при гальванизации, входит в состав некоторых моющих средств.

Для того чтобы оценить, насколько получаемая в результате обесфторивания ОГФУ плавиковая кислота, может окупить расходы по утилизации обедненного урана,

необходимо оценить рынок плавиковой кислоты, объем и прибыль от получаемой в результате обесфторивания плавиковой кислоты и себестоимость утилизации ОГФУ.

Рынок плавиковой кислоты. Рынок плавиковой кислоты поделен и здесь присутствует настоящая жесткая конкуренция. Несмотря на то, что потребность в плавиковой кислоте ежегодно растет, растет и предложение разных компаний, производящих плавиковую кислоту. Помимо этого в последние годы многие компании, использующие в своем производстве плавиковую кислоту, предпочитают ее производить своими силами, нежели закупать.

Так, южноафриканская компания Nuclear Energy Corporation of South Africa (Necsa) совместно с ведущим разработчиком месторождений в ЮАР, компанией Metorex планируют построить завод по производству плавиковой кислоты в городе Ричардс Бей (Richards Bay, ЮАР). Necsa уже приступила к оценке экономической целесообразности данного проекта, общая стоимость которого составляет 56-70 млн. долларов. По прогнозам экспертов, строительство завода будет завершено к 2009-2010 году. Планируется, что производственные мощности завода составят до 7,5 тыс. тонн плавиковой кислоты в год.

В Казахстане также принята концепция получения плавиковой кислоты из природного минерала флюорита и отказ от импорта плавиковой кислоты. На Ульбинском металлургическом заводе создано дочернее предприятие «Ульба-фторкомплекс», призванное полностью обеспечить потребности урановой и металлургической промышленности Казахстана в плавиковой кислоте и фторе. Это является одним из шагов НК «Казатомпром» по созданию собственной полной технологической цепи производства уранового топлива, включающего фторирование закиси-оксида урана природной концентрации и обогащение ГФУ до энергетических концентраций для поставок в страны Азии, Европы, а также в США и Канаду [14]. Последнее становится серьезным экономическим аргументом против создания в России Международного центра по обогащению урана, рассчитанного прежде всего на обогащение урана, поставляемого НК «Казатомпром».

В России также открываются новые мощности по производству плавиковой кислоты. Корпорация «ТВЭЛ» объявила о разработке месторождения флюорита в 2007 году. Лицензией на освоение Уртуйского месторождения флюорита расположенного в Читинской области в 25 км к юго-востоку от г. Краснокаменска, располагает ОАО «ППГХО». Оценочные запасы флюорита составляют 11 млн. 810 тыс. тонн руды со средним содержанием минерала 28,8%.

Кроме того, можно ожидать выброс на мировой рынок свыше 300 тыс. тонн плавиковой кислоты за счет конверсии накопленного в США ОГФУ по технологии французской компании «Кожема».

Стоимость 70% плавиковой кислоты на мировом рынке колеблется около **2,5 тыс. долл. за 1 метрическую тонну** [15]. В России можно приобрести 70% плавиковую кислоту начиная от **1 тыс. долл. за 1 тонну** [16]. При увеличении предложения, а также организации собственного производства во многих компаниях, цена на плавиковую кислоту может уменьшиться.

Объем и прибыль от получаемой в результате обесфторивания плавиковой кислоты. Для оценки окупаемости утилизации ОГФУ за счет реализации плавиковой кислоты можно рассмотреть проект Росатома по строительству завода по обесфториванию ОГФУ на базе французской технологии компании «Кожема» (Росатом не располагает собственными технологиями по промышленной конверсии ОГФУ). Переговоры по запуску в России французской линии по обесфториванию гексафторида урана велись с 1996 года. В итоге был принят «комбинированный» вариант проекта, при котором часть строительных и вспомогательных работ будет производиться самостоятельно российской стороной по чертежам, представленным компанией «Кожема». Права на использование технологии и чертежи были куплены у компании «Кожема» за 50 млн. Евро [8]. Установка

по переработке обедненного урана W–ЭХЗ должна быть запущена в марте 2009 года на ОАО «Электрохимический завод», в г. Зеленогорск (Красноярск-45). Это будет первая в России и третья в мире подобная установка по переработке урана. Первые две установки находятся во Франции.

Заявляемая производительность установки W–ЭХЗ около 10 тыс. тонн ОГФУ в год [17]. При конверсии 1 тонны ОГФУ по технологии компании «Кожема» получается около 450 кг 70% плавиковой кислоты и обесфторенный уран в форме закиси-оксида (U_3O_8). Плавиковую кислоту планируется продавать, в том числе на мировом рынке, а обесфторенный обедненный уран использовать в ядерной энергетике на быстрых нейтронах (см. выше).

Прибыль от продажи плавиковой кислоты без учета издержек, связанных с обращением с плавиковой кислотой уменьшит расходы на конверсию 1 кг ОГФУ на **1,13 долл.** (при конверсии 1 кг ОГФУ получается около 0,45 кг 70% HF x 2,5 долл. за 1 кг = 1,13 долл.).

Но обращение с плавиковой кислоты требует соблюдения специальных условий: соблюдение температурного режима, специальных материалов и абсолютной герметичности емкостей хранения. При соблюдении этих условий реальные расходы на хранение и транспортировку плавиковой кислоты снизят получаемую от ее продажи прибыль на мировом рынке не менее чем в 2 раза, то есть до 1,25 долл. за 1 кг плавиковой кислоты или **0,56 долл.** в перерасчете на 1 кг конверсируемого ОГФУ. При продаже на российском рынке эта сумма соответственно уменьшится вдвое, до **0,23 долл.** на 1 кг конверсируемого ОГФУ.

Себестоимость утилизации (конверсия + захоронение) ОГФУ. Себестоимость конверсии ОГФУ на W–ЭХЗ, также как себестоимость транспортировки и хранения обесфторенного урана еще не известна, за исключением того, что покупка технологии и части оборудования (50 млн. Евро) при 30-летнем цикле без учета дисконтной ставки составит **0,2 долл.** в себестоимости конверсии 1 кг ОГФУ. Среди факторов неопределенности, которые могут увеличить себестоимость выделяется загрязненность части накопленного ОГФУ примесями других радионуклидов.

В этой связи будет корректным принять за основу себестоимость обесфторивания для Германского отделения URENCO – **1,26 долл./кг ОГФУ** [3].

За основу себестоимости всей утилизации ОГФУ можно взять тот же баланс компании URENCO – **6,02 долл./кг ОГФУ**.

Традиционные способы снижения издержек в атомной промышленности России в виде экономии на заработной плате основного персонала, затратах на радиационную безопасность могут снизить эти показатели, но это не снижает реальной экономической стоимости процесса утилизации ОГФУ.

Прибыль от реализации плавиковой кислоты уменьшит расходы на утилизацию ОГФУ не более чем на **0,56 долл.** на 1 кг, т.е. менее чем на 10% (табл. 3). Коммерческое использование плавиковой кислоты, также не сможет окупить обесфторивание (**1,26 долл./кг ОГФУ**) и снизит расходы на обесфторивание на 44%.

Таблица 3

Ожидаемое снижение себестоимости утилизации (конверсия+захоронение) и конверсии
1 млн. т. ОГФУ за счет продажи плавиковой кислоты (долл. США)

Количество ОГФУ	Себестоимость утилизации ОГФУ	Себестоимость обесфтори- вания	Выручка от продажи HF на внешнем рынке	Прибыль от продажи HF	Итоговая себестои- мость утилиза- ции ОГФУ	Итоговая себестоимость обесфторивания
В расчете на 1 кг ОГФУ	\$6,02	\$1,26	\$1,13	\$0,56	\$5,46	\$0,7

В расчете на 1 млн. тонн ОГФУ	>\$6 млрд.	\$0,57 млрд.	>\$500 млн.	>\$250 млн.	>\$5,7 млрд.	\$0,7 млрд.
-------------------------------------	------------	--------------	-------------	-------------	-----------------	-------------

Отдельно необходимо остановиться на вопросе о рассмотрении ОГФУ как самостоятельного источника сырья для получения плавиковой кислоты. С учетом мировой цены **2,5 долл./кг** себестоимость получения плавиковой кислоты из природных минералов будет гораздо ниже.

Для получения 1 кг плавиковой кислоты по технологии компании «Кожема» необходимо 2,1 кг ОГФУ. Себестоимость обесфторивания 1 кг ОГФУ составляет 1,26 долл. Таким образом, только себестоимость 1 кг плавиковой кислоты из ОГФУ составит **2,6 долл.**

В итоге ОГФУ нельзя рассматривать в качестве коммерческого источника получения фтора.

6. Утилизация обедненного урана в России

Ниже рассмотрены экономические проблемы, связанные с утилизацией обедненного урана, имеющего различное происхождение, включая Международный центр по обогащению урана и российско-казахский Центр по обогащению урана. Во всех случаях рассматривается безаварийный, не требующий дополнительных расходов на ликвидацию последствий аварии, сценарий развития событий. При рассмотрении принято, что частично расходы на утилизацию обедненного урана покрываются за счет реализации плавиковой кислоты, образующейся в результате обесфторивания ОГФУ, на мировом (более дорогом) рынке. За основу себестоимости утилизации урана приняты показатели компании URENCO. Соответственно принято, что утилизация подразумевает полную утилизацию обедненного оксида урана и обесфторивание ОГФУ. Многие данные оценены приблизительно в связи с общей закрытостью ядерной отрасли.

6.1. Обедненный уран отечественного происхождения

Стоимость утилизации. Существующие запасы ОГФУ отечественного происхождения, накопленные в России в основном в советский период, составляют порядка **700 000 тонн**. Стоимость их обесфторивания по себестоимости URENCO составит **0,88 млрд. долл.** Весь процесс утилизации с захоронением всего объема обедненного урана обойдется в **4,2 млрд. долл.**

С учетом реализации плавиковой кислоты на мировом рынке, себестоимость всей утилизации обедненного урана составит порядка **4 млрд. долл.** Себестоимость конверсии ОГФУ составит с учетом реализации плавиковой кислоты - **0,6 млрд. долл.** Для сравнения, ежегодная выручка от продажи электроэнергии всех российских АЭС составляет порядка **3 млрд. долл.**, ежегодная выручка от продажи чуть более 5 млн. ЕРР в рамках контракта по продаже оружейного урана составляет свыше **0,4 млрд. долл.**

Выбор способа утилизации. С одной стороны представители атомной отрасли утверждают, что контейнерное хранение ОГФУ гарантирует безопасность хранения до 100 лет. С другой стороны, в соответствии со «Стратегией развития атомной энергетики России в первой половине 21 века», одобренной федеральным правительством, обедненный уран рассматривается как сырье для крупномасштабной атомной энергетики на базе быстрых нейтронов после 2030 г. Это означает, что часть ОГФУ так или иначе должна быть обесфторена и храниться должным образом.

Росатом ведет работу по поиску технологий обесфторивания. В настоящее время в России планируется запуск одной промышленной установки по обесфториванию ОГФУ

(W–ЭХЗ) на базе Электрохимического завода (ЭХЗ) по технологии компании «Кожема». Учитывая, что ежегодно в России оценочно нарабатывается свыше 4 тыс. тонн ОГФУ только из природного урана, добываемого в России, то одна установка W–ЭХЗ с объемом конверсии 10 тыс. тонн ОГФУ в год не способна быстро справиться со всем объемом нарабатываемого отвалного гексафторида урана. Чтобы переработать уже накопленный объем российского ОГФУ с помощью одной установки потребуется 70 лет. С учетом вновь нарабатываемого ОГФУ период переработки превысит 100 лет. По заявлению генерального директора ЭХЗ, завод не будет завозить обедненный уран с других предприятий, так как *«у нас своих отвалов хватит на десятки лет»* [8].

Кроме французской технологии Росатом на базе Ангарского ЭХЗ ведет поиск отечественной технологии частичного обесфторивания.

Источники финансирования. Утилизация запасов ОГФУ отечественного происхождения – это закрытие долгов прежних десятилетий, когда мало кто задумывался о том, что атомная энергетика это не только «дешевая» энергия, но и дорогостоящие отходы. Обедненный уран – аналог того, что происходит с другими ядерными отходами, такими, как отработавшее ядерное топливо и того, что связано с выводом из эксплуатации атомных станций. Отложенные когда-то решения привели к тому, что их стоимость стала непосильным бременем для отрасли.

Например, в случае проблемы финансирования демонтажа старых АЭС предлагается решение, отложенное на несколько десятилетий. Но даже с учетом отложенных решений дефицит средств на вывод из эксплуатации уже составляет свыше **6 млрд. рублей** и будет расти, так как закладываемые сегодня средства на вывод из эксплуатации мизерны – **1,3%** от выручки от продажи всей электроэнергии российских атомных станций, что составляет порядка **1 млрд. рублей** в год.

В качестве *первого* возможного источника финансирования можно теоретически рассматривать процесс обесфторивания. Но по экономическим показателям этот источник не окупает обесфторивание, не говоря уже о всей утилизации (см. п. 5). Это подтверждают представители отрасли, например, генеральный директор АЭХК, утверждает, что *конверсия убыточна*.

Вторым источником финансирования теоретически должны быть отчисления от стоимости услуг по обогащению урана. По заявлению генерального директора АЭХК, *«стоимость услуг по обогащению урана учитывает все затраты, связанные с обращением гексафторида урана и продуктам его переработки»* [18]. По утверждению экс-министра атомной энергии А.Ю. Румянцева, *«в условиях контрактов специальной компенсации затрат раздельных предприятий по хранению и утилизации хвостов не предусматривается поскольку эти затраты учитываются в ценах на поставляемую продукцию действующих на мировом рынке»* [19]. Из этих заявлений можно сделать вывод, что в целом отчисления на финансирование утилизации ОГФУ теоретически предполагаются в стоимости услуг по обогащению урана или в стоимости конечной продукции, но эти отчисления не выделены в отдельную статью в себестоимости. Это подтверждается тем фактом, что до сих пор не определена себестоимость обесфторивания и утилизации ОГФУ, а значит неизвестно, каковы должны быть размеры отчислений. До сих пор даже не сделан выбор технологии обесфторивания, а отечественные технологии находятся в стадии разработки.

Как вариант источника финансирования логично было бы создание специального фонда по аналогии с фондом вывода из эксплуатации атомных станций, который функционирует за счет отчислений из выручки атомных станций. Отчисления в этот фонд должны производиться из стоимости услуг на обогащение урана для отечественных и зарубежных АЭС.

Но, скорее всего, такого фонда, специального счета или резерва нет и не предполагается. Косвенно это подтверждает тот факт, что в течение последних месяцев,

когда идет дискуссия вокруг утилизации ОГФУ Ангарского Электрохимического комбината, руководство комбината и Росатома не упомянули о таком фонде или резерве, что явно усилило бы позицию представителей ядерной отрасли в публичных дебатах. Но даже если бы этот фонд или резерв существовал, то отчисления, по крайней мере, из стоимости услуг для отечественных АЭС явно не соответствовали бы необходимому финансированию. Стоимость свежего топлива для отечественных АЭС ниже мировых цен приблизительно в 4-5 раз, что в основном обусловлено низкой себестоимостью обогащения – приблизительно в 2-3 раза ниже мировой себестоимости (см. ниже). Даже с учетом паритета покупательной способности и «более экономичного обогащения» урана на отечественных предприятиях стоимость услуг обогащения не может включать достаточное резервирование средств на утилизацию ОГФУ. В таких условиях отчисления на утилизацию ОГФУ явно не соответствовали бы необходимым потребностям.

Третий возможный и вполне реалистичный источник финансирования конверсии и утилизации ОГФУ – федеральный бюджет. Можно с высокой долей вероятности ожидать, что в условиях дефицита средств на строительство новых АЭС Росатом обеспечит конверсию и хранение/захоронение обедненного урана очередной федеральной целевой программой с финансированием из федерального бюджета, как это происходит с финансированием строительства новых АЭС.

6.2. Обедненный уран, ввозимый из Западной Европы

Происхождение западноевропейского обедненного урана. В Россию ввезено/планируется к ввозу как минимум **155 000 тонн ОГФУ** из Западной Европы, из которых с учетом частичного возврата и внутреннего использования оставлено или будет оставлено на вечное хранение, по разным оценкам, **67-80%** от изначально ввезенного ОГФУ [2, 3]. В настоящей работе объем отвалного гексафторида урана западноевропейского происхождения, не представляющего экономической ценности с точки зрения дальнейшего обогащения, оценивается в **125 000 тонн**. Часть западноевропейского ОГФУ (из Германии) хранилась и, возможно, хранится до сих пор на Ангарском Электрохимическом комбинате [18]. По данным Техснабэкспорта, ввоз ОГФУ из Западной Европы на Ангарский ЭХК продолжается по сей день.

Ввозимый ОГФУ с обогащением 0,3% закупается у западноевропейских компаний по символической цене – **0,6 долл.** за килограмм урана (цена хлебобулочных изделий). Для сравнения, стоимость природного урана достигает **200 долл.** за килограмм урана, что в более чем 300 раз дороже, чем западноевропейское урановое сырье. Это четко показывает, что западноевропейские компании никоим образом не рассматривают ОГФУ как «ценное энергетическое сырье». Покупаемое сырье переводится в федеральную российскую собственность и поставляется на четыре предприятия по обогащению урана. Общая стоимость ввозимого ОГФУ составляет порядка **140 млн. долл.**

На обогатительных предприятиях западноевропейский ОГФУ обогащается в рамках отдельных контрактов на услуги по обогащению с компаниями-поставщиками ОГФУ. В результате переработки из ОГФУ выделяется обогащенный уран, который поставляется обратно в страны-поставщики обедненного урана. Объем направляемого обратно урана около 10% от ввозимого – около **15 000 тонн ОГФУ**. Оставшиеся урановые хвосты после повторного обогащения проходят еще одно обогащение для внутренних нужд. В итоге после всех обогатительных операций в России остается до **125 000 тонн** обедненного гексафторида урана западноевропейского происхождения с обогащением 0,1%.

С правовой точки зрения, контракты на покупку ОГФУ противоречили редакции пункта 3 статьи 48 федерального закона «Об охране окружающей среды», действовавшей на момент заключения контрактов. В соответствии с Законом, *ввоз в Российскую Федерацию радиоактивных отходов и ядерных материалов из иностранных государств в*

целях их хранения или захоронения запрещается. Это противоречие послужило поводом для иска Гринпис России против компаний, занимающихся ввозом ОГФУ из Западной Европы. Несмотря на то, что иск не был удовлетворен (суд потребовал доказательства, что эти контракты действительно существуют), в апреле 2007 г. рассматриваемая статья федерального закона «Об охране окружающей среды» была изменена, и из нее было изъято упоминание «ядерных материалов», к которым относится ОГФУ. В новой редакции статьи контракты на ввоз ОГФУ из других государств с целью хранения оказываются полностью легализованными.

По заявлению руководителя Росатома, прозвучавшему в Ангарске на встрече с журналистами 22 июня 2007 г., больше такие контракты заключаться не будут, а действующие не будут продлены, поскольку до сих пор не решен вопрос химической опасности ГФУ. Возможно, что реальной причиной отказа является необходимость освобождения мощностей обогатительных предприятий под другие международные проекты (см. ниже).

Стоимость утилизации. Стоимость утилизации **125 000 тонн** ОГФУ западноевропейского происхождения (оценка на основе различных данных [2, 3]), исходя из расчетов URENCO, составляет свыше **750 млн. долл.**, из которых обесфторивание составляет около **160 млн. долл.** С учетом реализации плавиковой кислоты стоимость составит порядка **680 млн. долл.** и **90 млн. долл.** соответственно.

Источники финансирования утилизации. Приобретая ОГФУ из Западной Европы в федеральную собственность, Росатом берет на себя обязательства по утилизации всех отходов, которые образуются при переработке этого сырья. В этом случае (если не обращать внимания на подозрительно низкую цену покупаемого «ценного энергетического сырья») ОГФУ из Западной Европы становились бы частью ОГФУ отечественного происхождения. Но на самом деле помимо покупки сырья предприятия Росатома выступают и в качестве поставщика услуг по обогащению этого сырья. В качестве клиента услуг выступают компании-поставщики ОГФУ, и утилизация вторично обедненного урана, образующегося в результате до-обогащения должна входить в стоимость услуг по обогащению.

Западноевропейские компании оплачивают услуги обогащения, а предприятия Росатома теоретически должны распорядиться с получаемыми средствами таким образом, чтобы зарезервировать средства как минимум на конверсию ОГФУ и безопасное хранение обедненного урана. Однако в структуре цены по контрактам с зарубежными компаниями конверсия ОГФУ или тем более его утилизация отсутствует. В соответствии с письмом Минатома от 29 сентября 2003 г. № 01-5328-деп., *«цены на оказание услуг по обогащению давальческого уранового сырья определяются на договорной основе с учетом текущих мировых цен на подобные работы. В связи с этим калькуляция себестоимости производимых работ в рамках международных контрактов не составлялась»*.

Сама выручка от обогащения западноевропейского ОГФУ, по данным Счетной палаты, *«распределялась Минатомом ОАО «Техснабэкспорт» и предприятиями Минатома России на основании протоколов совещаний в Минатоме России»* [20]. В результате распределения выручки ОАО «Техснабэкспорт» - официальный контрактор с российской стороны - получал 35% выручки, а выручка российских предприятий составляла 65%. Сложно сказать, каким образом при этом учитывались расходы на утилизацию урановых хвостов в результате переработки западноевропейского сырья. Скорее всего, таких расчетов не делалось.

Ниже приведена попытка оценить, какую часть в стоимости услуг обогащения западноевропейского ОГФУ должны занимать отчисления на утилизацию продуктов обогащения - **125 000 тонн** ОГФУ с обогащением 0,1%.

Под *«текущими ценами на обогащение»* в письме Минатома подразумевается стоимость единицы разделительных работ. В случае с западноевропейскими компаниями, исходя из данных Счетной палаты, стоимость ЕРР, скорее всего, составляет **70 долл.** [20]

Для сравнения, спотовая цена ЕРР на мировом рынке превышает 100 долл., а реальная себестоимость обогащения на российских обогатительных предприятиях по оценкам [4], а также расчетов сделанных на основе данных федеральных бюджетов составляет **20-35 долл.** за ЕРР (см. ниже).

Всего для до-обогащения 155 000 тонн ОГФУ, было использовано (продано западноевропейским компаниям) оценочно порядка **25 млн. ЕРР** [4].

Выручка от продажи этого количества ЕРР при стоимости ЕРР 70 долларов составила/должна составить порядка **1,75 млрд. долл.**, из которых, судя по данным Счетной палаты, 35% (**0,61 млрд. долл.**) оставалась у посредника сделок – ОАО «Техснабэкспорт», и 65% (**1,14 млрд. долл.**) уходила на счета предприятий. Таким образом, стоимость ЕРР, которая в итоге реализовывалась предприятиями, составляла **45 долл./ЕРР**.

В результате до-обогащения образовывалось до **140 000 тонн** ОГФУ с более низким обогащением (до 0,2%). Полученный ОГФУ проходил еще одну стадию до-обогащения с получением на выходе **порядка 125 000 тонн** ОГФУ с обогащением 0,1%. Полученный в результате уже второго до-обогащения полезный уран использовался для внутренних нужд российской ядерной отрасли: для получения урана природного обогащения и/или урана с обогащением 1,5% для разубоживания оружейного урана, продаваемого в США.

Допустим, что в процессе второго до-обогащения западноевропейского ОГФУ для внутренних нужд было/будет израсходовано порядка **57 млн. ЕРР**: **53 млн. ЕРР** для получения 13 000 т 1,5% ОГФУ и порядка **4 млн. ЕРР** для получения природного урана.

Себестоимость услуг обогащения с целью получения 1,5% урана, в соответствии с данными федерального бюджета, из которого компенсируются работы по получению 1,5% урана, составляет порядка 35 долл./ЕРР: федеральный бюджет на оплату 5,3 млн. необходимых ЕРР [20] выделяет/компенсирует порядка 5,3 млрд. рублей. При этом США оплачивают услуги по обогащению по цене порядка 80 долл./ЕРР [4].

Себестоимость обогащения с целью получения природного урана можно также оценить в 35 долл./ЕРР.

В сумме выручка предприятий от реализации (в основном через федеральный бюджет) 57 млн. ЕРР, используемых для повторного до-обогащения, составляет **2 млрд. долл.** Это средства, получаемые непосредственно обогатительными предприятиями.

Для обогащения всего объема западноевропейского ОГФУ было/будет использовано **25+57=82 млн. ЕРР**. В сумме выручка обогатительных предприятий составила/составит порядка **1,14+2=3,14 млрд. долл.** приблизительно за 10 лет. При этом необходимо обратить внимание, что подавляющая часть всего до-обогащения осуществляется по мировым ценам ЕРР для стран Западной Европы и США, но значительная доля выручки оказывается в федеральном бюджете.

При необходимых расходах на утилизацию **680 млн. долл.** (с учетом реализации плавиковой кислоты) необходимые отчисления для утилизации **125 000 тонн** ОГФУ составят в среднем **8,3 долл./ЕРР** или **18-23%** от стоимости ЕРР для обогатительных предприятий, реализующих свои услуги за **35 и 45 долл./ЕРР**.

С точки зрения расходов на обесфторивание, **90 млн. долл.**, необходимых для конверсии 125 000 тонн ОГФУ при условии реализации плавиковой кислоты на мировом рынке потребуют отчислений в размере **1,1 долл./ЕРР** или **2,4-3,1%** от стоимости ЕРР для обогатительных предприятий.

С учетом выручки утилизация 125 000 тонн ОГФУ составит **22%** от всей выручки обогатительных предприятий и соответственно конверсия ОГФУ – около **3%**.

Можно предположить, что указанные отчисления не производились и средства на конверсию и утилизацию ОГФУ западноевропейского происхождения в размере **90-680 млн. долл.** соответственно не были аллокированы на отдельных счетах обогатительных предприятий.

Следует отметить, что приводимые средние данные не отражают соотношения **ЕРР/кг ОГФУ**, так как в каждом отдельном контракте при разных условиях обогащения образуется различное количество обедненного урана.

Необходимо помнить, что значительные средства от продажи услуг обогащения направлялись в федеральный бюджет. Если представить, что все средства оказываются у предприятий, то выручка от обогащения отвалов западноевропейского происхождения составила бы **6 млрд. долл.** из расчета **70 и 80 долл./ЕРР** за обогащение в рамках контракта с западноевропейскими компаниями и контракта по продаже оружейного урана соответственно. В этом случае процент отчислений на утилизации ОГФУ составил бы **10-11%** от стоимости ЕРР для обогатительных предприятий, что корреспондируется с данными URENCO, в соответствии с которыми доля отчислений на утилизацию ОГФУ в стоимости обогащения составляет **12,6%**.

6.3. Обедненный уран, получаемый в рамках международных проектов

Наработка обедненного урана. Из планируемых проектов известны Международный центр обогащения урана (МЦОУ) и российско-казахский Центр обогащения урана. В обоих случаях проекты будут осуществляться на базе Ангарского ЭХК. Порядок работы проектируемого Международного центра обогащения урана пока не определен и количество ОГФУ, которое будет образовываться в МЦОУ неизвестно. Возможно, МЦОУ будет всего лишь правовой формой для реализации продукции российско-казахского Центра по обогащению урана.

Что касается российско-казахского Центра, то известно, что предприятие планирует перерабатывать 6 000 тонн урана в год. Для переработки такого количества урана будет использовано 5 млн. ЕРР. Если принять, что на выходе будет **700 тонн** урана обогащением **4,5%** и урановые отвалы обогащением чуть более 0,2%, то ориентировочно в результате обогащения 6000 тонн природного урана будет производиться **7 800 тонн** ОГФУ в год.¹

Стоимость утилизации. Стоимость утилизации **7 800 тонн** ОГФУ, который будет ежегодно образовываться в российско-казахском Центре, составляет с учетом реализации плавиковой кислоты свыше **42 млн. долл.**, в том числе обесфторивание около **5,5 млн. долл.**

При реализации услуг обогащения по цене **80 долл./ЕРР**, ежегодная выручка предприятия за счет обогащения составит **400 млн. долл.** Таким образом, доля конверсии и утилизации в стоимости услуг обогащения должна составлять **1,3%** и **10,5%** соответственно.

В пересчете на конечную продукцию каждый килограмм урана обогащенного до 4,5%, должен содержать в своей цене **60 долл.** на утилизацию ОГФУ, в том числе **7,8 долл./кг** на обесфторивание ОГФУ. В пересчете на единицу разделительных работ отчисления должны составлять **8,4 долл./ЕРР** на утилизацию, в том числе **1,1 долл./ЕРР** на обесфторивание.

Источники возможного финансирования.

¹ Необходимо отметить, что в перспективе международные центры по обогащению урана рассматриваются как пункты приема и утилизации отработавшего ядерного топлива. Об этом заявил Президент Путин, сказав, что «эти ядерные центры по обогащению возьмут на себя, видимо, обязанность утилизации отработанного топлива, ядерных отходов». Таким образом, политическая установка на создание завода по переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и/или центра по хранению ОЯТ на базе Ангарского ЭХК уже дана [21].

Порядок и источники финансирования утилизации ОГФУ МЦОУ не определены. Доступной информации о том, из каких источников будет утилизироваться ОГФУ, образующийся в российско-казахском Центре по обогащению урана также нет.

Теоретически источником финансирования должны быть отчисления из стоимости услуг за обогащение. Конверсия и утилизация ОГФУ должны быть заложены в цену контрактов по обогащению урана отдельной строкой и резервироваться на отдельном счете по аналогии со специальным счетом для финансирования мероприятий по выводу из эксплуатации атомных станций.

В качестве второго варианта финансирования может быть создание резерва, в котором изначально будут размещены средства на утилизацию ОГФУ. При указанных условиях обогащения и 20-летнем сроке работы такое резервирование должно составить **840 млн. долл.** на утилизацию ОГФУ, в том числе **110 млн. долл.** на обесфторивание. Мировая практика показывает, что это возможно. Компания LES – подразделение западноевропейской URENCO – при подаче заявки на лицензию на строительство предприятия по обогащению урана в 2004 г. в Lea County (США) мощностью приблизительно равной мощности планируемого совместного предприятия на базе Ангарского ЭХК, указала о резервировании **731 млн. долл.** на утилизацию ОГФУ (по мнению некоторых экспертов, эта цифра явно занижена). Необходимо отметить, что это была четвертая попытка компании LES, так как предыдущие попытки построить завод по обогащению урана в других местах закончились неудачей из-за общественной оппозиции. Главной причиной обеспокоенности местного населения была как раз проблема хранения и утилизации обедненного гексафторида урана.

Тактика, выбранная компанией LES, четко показывает, что население не верит в то, что обогатительные предприятия обеспечат безопасное хранение и утилизацию ОГФУ. Накопленные запасы ОГФУ в США это хорошо иллюстрируют. Общественная дискуссия вокруг МЦОУ в России повторяет ситуацию с деятельностью компании LES в США.

7. Резюме

1. В мире накоплены большие объемы отвального гексафторида урана, в том числе свыше 800 000 тонн в России. Из них оценочно 125 000 тонн из Западной Европы. Ежегодно только за счет природного урана, добываемого в России, запасы ОГФУ увеличиваются на 4 000 тонн в год. Оценочно к 2030 году запасы ОГФУ в России превысят 1 млн. тонн в случае, если будет выбрана стратегия долговременного хранения ОГФУ.
2. В мире нет единого подхода к ОГФУ. В США ОГФУ рассматривается как радиоактивные отходы, во Франции и России как ценное энергетическое сырье для реакторов на быстрых нейтронах.
3. Утилизация российских запасов ОГФУ в реакторах на быстрых нейтронах выглядит маловероятной в виду неразработанности технологий быстрых реакторов, их высокой стоимости и высокого риска распространения ядерных материалов. По технологическим и экономическим причинам разработка технологий реакторов на быстрых нейтронах была остановлена во Франции. С точки зрения технологической, в Росатоме не найдена единая технология быстрых реакторов. В случае утилизации урана из ОГФУ в реакторах на быстрых нейтронах при наличии 60 реакторов типа БН-800 без рециклинга утилизация урана в матрице топлива и бланкетах реакторов потребует свыше 100 лет. Стоимость строительства только реакторов (без заводов выделению плутония) с учетом замещения выбывающих реакторов при сроке эксплуатации 30 лет составит порядка 360 млрд. долл.
4. Для гарантии безопасного хранения ОГФУ необходимо обесфторивать, т.е. переводить в более стабильную форму для безопасного хранения или захоронения. Косвенным подтверждением необходимости перевода ОГФУ в более стабильные формы стало заявление руководителя Росатома 22 июня 2007 г. о том, что может быть принято решение

не продлевать контракты по закупке ОГФУ в Западной Европе, поскольку до сих пор не решен вопрос химической опасности ГФУ.

5. Существуют различные технологии обесфторивания, хранения и захоронения обедненного урана. Среди наиболее используемых технологий обесфторивания выделяется разработка французской компании «Кожема». С использованием этой технологии 150 000 тонн ОГФУ, находящегося во Франции, было переведено в форму U_3O_8 . Выделенный оксид урана хранится в специальных контейнерах. Среди предлагаемых технологий захоронения в мире в том числе рассматриваются цементирование оксидов урана или его размещение в керамической матрице с последующим захоронением в шахтах.

6. В России ведутся работы по переводу ОГФУ в более стабильные формы: закуплена технология обесфторивания компании «Кожема», ведется разработка отечественной технологии по обесфториванию. Однако темпы работ по переводу ОГФУ в более безопасное состояние крайне низкие. Закупленная во Франции технология и оборудование для одной установки имеет производительность 10 000 тонн ОГФУ в год, что явно недостаточно для накопленных объемов ОГФУ.

7. Себестоимость утилизации ОГФУ в разных компаниях и в оценках разных экспертов варьирует от 6 до 30 долл./кг ОГФУ. Обесфторивание оценивается в 1 Евро/кг. ОГФУ (1,26 долл./кг ОГФУ).

8. В процессе обесфторивания в качестве побочного продукта выделяется плавиковая кислота, которая может быть реализована на рынке и таким образом снизить себестоимость обесфторивания и утилизации ОГФУ. Но вырученные средства – порядка 0,56 долл./кг ОГФУ - не позволяют покрыть полной себестоимости обесфторивания и тем более полной утилизации ОГФУ.

9. Формально средства на обращение с ОГФУ закладываются в себестоимость услуг обогащения урана. Однако, судя по растущим запасам ОГФУ и отсутствию практики промышленного обесфторивания ОГФУ, эти средства не используются по назначению. Кроме того, можно предположить, что в Росатоме отсутствует практика резервирования средств на утилизацию ОГФУ по аналогии с резервированием средств на вывод из эксплуатации атомных станций.

10. Оценочная себестоимость утилизации и обесфторивания ОГФУ компании URENCO 6,02 долл./кг ОГФУ, в том числе обесфторивание - 1,26 долл./кг ОГФУ. С учетом потенциальной реализации плавиковой кислоты на мировом рынке себестоимость снижается до 5,46 и 0,7 долл./кг ОГФУ соответственно.

11. Если принять себестоимость утилизации ОГФУ, принятой в URENCO, то утилизация 1 млн. тонн ОГФУ, которые Россия наработает к 2030 году, обойдется в 5,7 млрд. долл., в том числе 0,7 млрд. долл. на обесфторивание.

12. На примере ОГФУ, ввезенного на до-обогащение из Западной Европы, можно оценить ориентировочную удельную стоимость утилизации ОГФУ в пересчете на единицу разделительных работ. С учетом до-обогащения для внутренних нужд себестоимость составит 8,8 долл./ЕРР или 19-25% от стоимости ЕРР, по которой в конечном итоге российские обогатительные предприятия реализуют услуги по обогащению. При этом необходимо учесть, что значительную часть выручки от продажи услуг по обогащению (приблизительно 35-60%) поступала/поступает в федеральный бюджет. Если бы обогатительным предприятиям поступала вся выручка от продажи услуг по обогащению, то, себестоимость утилизации ОГФУ составляла бы порядка 12% от стоимости ЕРР.

13. Международная практика строительства заводов по обогащению урана показывает, что наличие финансовых гарантий утилизации ОГФУ является важной составляющей при подаче заявок на получение лицензии на строительство. Одним из условий оценки безопасности любых проектов по обогащению урана должно быть наличие политических, технологических и финансовых гарантий перевода ОГФУ в безопасную форму. Население

вправе требовать политических и самое главное финансовых гарантий утилизации ОГФУ с переводом его в наиболее безопасную форму.

14. В российско-казахском Центре по обогащению урана обогащение 6000 тонн природного урана при использовании 5 млн. ЕРР и при определенных условиях обогащения будет нарабатываться порядка 7800 тонн ОГФУ ежегодно. С учетом данных компании URENCO, стоимость утилизации этого ОГФУ составит не менее 40 млн. долл. на утилизацию ОГФУ ежегодно, в том числе 5,5 млн. долл. на обесфторивание. Стоимость частичного обесфторивания по российской технологии и дальнейшего хранения тетрафторида урана неизвестна.

15. Вопрос о возможности реализации новых проектов по обогащению урана может подниматься только при решении проблемы конверсии и безопасного захоронения существующих запасов обедненного гексафторида урана.

16. В перспективе международные центры по обогащению урана рассматриваются как пункты приема и утилизации отработавшего ядерного топлива. Об этом заявил Президент Путин, сказав, что *«эти ядерные центры по обогащению возьмут на себя, видимо, обязанность утилизации отработанного топлива, ядерных отходов»*. Таким образом, политическая установка на создание завода по переработке отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и/или центра по хранению ОЯТ на базе Ангарского ЭХК уже дана [21].

Ссылки

1. А. Макхиджани и др. Обогащение урана: факты к содержательной дискуссии о ядерном распространении и атомной энергии. - [Энергетика и Безопасность № 31](http://www.ieer.org/ensec/no-31/no31russ/uenrich.html)
<http://www.ieer.org/ensec/no-31/no31russ/uenrich.html>
2. Копия письма Министра РФ по атомной энергии №01-5328 от 29.09.2003.
3. П. Диль «Дообогащение западноевропейских урановых хвостов в России».
4. Bukharin Oleg. Understanding Russia's Uranium Enrichment Complex. – Science and Global Security, 2004, Volume 12, pp. 193-218
5. Costs and Risks of Depleted Uranium from Proposed Enrichment Facility. - Science for Democratic Action, volume 13, #2, June 2005
6. Proven management for depleted uranium: the French reference of Cogema's defluorination plant/ P.Netter, B.Duperret, B.Le.Motais. – International Conferences "Decomissioning, decontamination and reutilization of commercial and government facilities": Knoxville, USA, September 12-16, 1999. – 11 p.
7. Отчет о деятельности федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности в 2003 году. – М. 2004
8. От жестких переговоров до дружбы. - Атом-пресса, май 2005 г.
9. Ученые ответили на обвинения экологов. - Коммерсант-Иркутск, 10 августа 2005 г.
10. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. – Москва: ФГУП «ЦНИИатоминформ», 2001. – 64 с.
11. Кузнецов В.М. Становление атомного комплекса Российской Федерации (историко-технический анализ конструкционных, технологических и материаловедческих решений) - М.: 2006. - 344 с.
12. Дьяков А.С., Шаров Е.И. Экономика утилизации оружейного плутония в ядерных реакторах. - Центр по изучению проблем разоружения, энергетики и экологии при МФТИ, 1997 г.
13. Мещеряков В.Н., Кошелев Ф.П., Демянюк Д.Г. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. Часть 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 175 с. –
14. Интервью с Генеральным директором АО "УМЗ" Нурланом МУСИНЫМ. - "УМЗ-Информ" № 29 от 15.12.06
15. Chemical Industry News www.icis.com
16. Деловой портал <http://chemic.vs-plastic.ru/>

17. Зеленогорск обогатят отходами ядерного производства. – Коммерсант, 18.11.2006
18. Копия письма директора АЭХК от 19.02.2007
19. Копия письма Минатома от 25 июля 2003 года №01-4114.
20. Копия письма Счетной палаты Российской Федерации от 15 ноября 2002 г. №01-1436/05-3.
21. Владимир Путин рассказал о сотрудничестве России и США в атомной сфере
http://rosatom.ru/news/3645_01.02.2007