

Наука и политика

УДК 537.534.8:543.51+621.039

К вопросу о производстве высокообогащенного урана в Ираке

Н. Н. Вениаминов, доктор технических наук

nickven@yandex.ru

Автор публикуемой статьи в 1993 г. принимал участие в исследовании образцов из Ирака, переданных России МАГАТЭ и представлявших собой фрагменты внутренних деталей масс-сепаратора электромагнитного типа, использованного для обогащения урана и разрушенного после операции «Буря в пустыне». На одном из этих фрагментов был обнаружен уран с высокой степенью обеднения, на другом — слабообогащенный уран, идентифицированный как исходный материал. Автором разработан способ обнаружения незаявленной ядерной деятельности, отличающийся тем, что представительность проб, взятых с инспектируемой электромагнитной установки, и параметры обогащения определяются путем сопоставления содержания ^{235}U в материале обедненной и обогащенной фракций. Сделан вывод о том, что на коллекторе ионов демонтированной установки, не предоставленном ни российской лаборатории, ни лабораториям зарубежных стран, был накоплен высокообогащенный уран. Данный вывод противоречит официальному заключению МАГАТЭ и является основанием для обвинения государства-экспортера технологии электромагнитного разделения изотопов урана — США, в нарушении статьи 1 Договора о нераспространении ядерного оружия.

В развитие инструментальных методов контроля выполнения Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) в марте 1995 г. Советом управляющих МАГАТЭ были одобрены меры, направленные на повышение эффективности системы гарантий, — «Программа 93+2». В рамках этой программы традиционные технические способы контроля, основанные на учете потоков ядерных материалов в ключевых точках ядерного топливного цикла, дополнены анализом проб окружающей среды [1, 2]. Такое нововведение оправдано тем, что отдельный факт использования ядерных материалов, оказавшийся в противоречии с заявленными целями, может остаться незамеченным на фоне многотоннажного производства, характерного для цикла ядерного топлива [3], но следы такого события остаются в виде частиц производственной пыли.

Основными делящимися материалами, которые используются для создания ядерного оружия, являются изотопы ^{235}U («Мальш», Хиросима) и ^{239}Pu («Толстяк», Нагасаки). Первый получают методом обогащения (разделения изотопов) из природного сырья, в

котором концентрация ^{235}U составляет 0,72%, а остальное — это ^{238}U и 0,005% ^{234}U [4].

Уран оружейного качества должен содержать не менее 94% изотопа ^{235}U [5], но высокообогащенным считается уже 20%-ный материал, и только уменьшение обогащения ниже этой величины признается в международном масштабе достаточным изотопным барьером против использования ядерного топлива в военных целях [6].

Что касается плутония-239, то он образуется в результате последовательности ядерных реакций при облучении нейтронами урана-238. Но в реакторе нельзя получить чистый изотоп ^{239}Pu . Поглощая еще один нейтрон, он превращается в плутоний-240 и т.д. Качество плутония как оружейного материала снижается по мере накопления изотопов с большей массой, поэтому при эксплуатации промышленных реакторов, специально предназначенных для наработки оружейного плутония, топливо облучают недолго. В энергетических же реакторах, работающих на АЭС, перегрузка топливных сборок производится значительно реже по мере выгорания ^{235}U , так что нарабатываемый плутоний не является материалом оружейного качества. Но из него тоже можно изготовить ядерный заряд, правда, с непредсказуемой мощностью из-за наличия нежелательных нейтронов от спонтанного деления.

С учетом сказанного, главными объектами контроля в рамках «Программы 93+2» являются обогатительные предприятия и горячие камеры, где осуществляется первичная обработка облученного топлива. Отобранные инспекторами мазки на ткань (пробы) сначала поступают в Чистую лабораторию МАГАТЭ (Зиберсдорф под Веной) для предварительного обследования неразрушающими методами. Затем пробы под условными кодовыми номерами направляются в научные подразделения, аккредитованные при Агентстве, где в них находят индивидуальные частицы, содержащие уран или плутоний, после чего определяется изотопный состав этих элементов [2].

В 1995 г. было принято совместное решение Минатома и Минобороны о формировании специализированной Российской лаборатории анализа микрочастиц, которая в том же году была официально аккредитована при МАГАТЭ [7, 8]. Одним из применяемых в лаборатории методов анализа является масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Этот метод обладает рядом дос-

тоинств. Во-первых, изотопный состав индивидуальных микрочастиц можно определять прямо на подложке [9, 10]. Во-вторых, применение МСВИ в режиме ионного микросонда (а не ионного микроскопа, как в иностранных лабораториях) позволяет извлекать дополнительную информацию об элементном и даже химическом составе ядерного материала на основании анализа вторичных молекулярных ионов [11–13].

Идентификация и аутентичность иракских проб

Первые шаги по внедрению нового метода ядерного контроля были предприняты МАГАТЭ в 1991 г. именно в Ираке [14], но самые первые пробы для анализа поступили из Агентства в российскую лабораторию только в марте 1993 г. В первую очередь мы исследовали фрагменты графитовых пластин, мазки с которых на материал ФПА (фильтр Петрянова ацетилцеллюлозный) были взяты уже в самой лаборатории.

Затем ткань растворяли в ацетоне и в результате нескольких последовательных операций центрифугирования, декантации и добавления новой порции растворителя получали взвесь частиц в ацетоне (С.Ю.Архипов). Препарат для исследования объектов микросондовыми методами готовили путем выкапывания взвеси на подложку из нержавеющей стали [10]. На поверхности этого препарата методом МСВИ на установке, оснащенной галлиевой жидкометаллической ионной пушкой [9–11], были обнаружены отдельные объекты, содержащие изотоп ^{235}U в следующих концентрациях: менее 0,1%, $0,16 \pm 0,02\%$ и $0,61 \pm 0,02\%$ [12]. (Читатель из дальнейшего поймет, что в поиске наиболее обедненного урана нужно было брать не мазки, а соскобы с поверхности каждой из пластин в отдельности миллиметр за миллиметром.)

На рис. 1 показан масс-спектр вторичных ионов, эмиттируемых при распылении частицы, в которой содержание ^{235}U равно 0,06%. В 2004 г. мы заново проанализировали и масс-спектр одного из объектов с сильно обедненным ураном, учитывая фоновую составляющую в области 235-й массы (кластерный ион $^{71}\text{Ga}_2^{69}\text{GaC}_2^+$). Оказалось, что содержание ^{235}U в этой частице составляет всего 0,02%!

Известно, что облученное ядерное топливо никогда

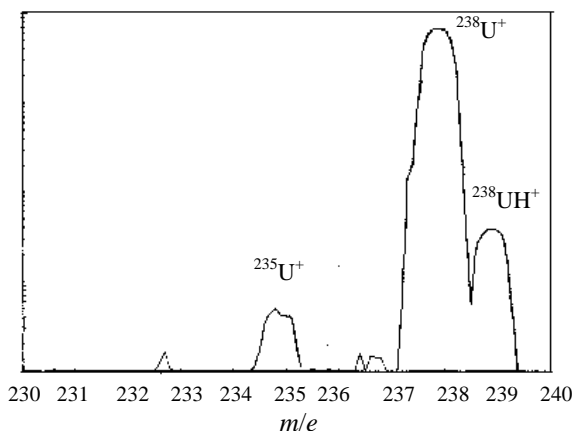


Рис. 1. Иракская проба серии 9560. Масс-спектр вторичных ионов при распылении материала обедненной фракции, содержащего 0,06% изотопа ^{235}U [26, 28]

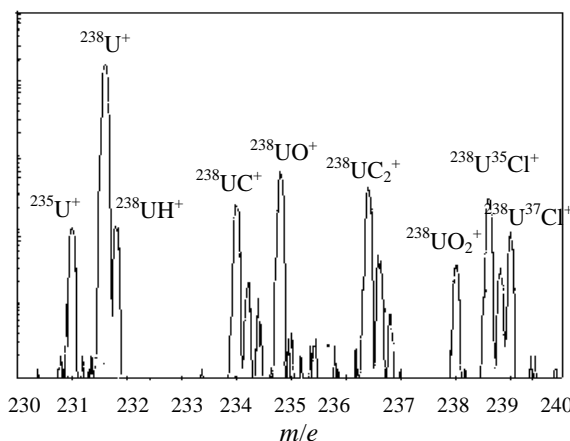


Рис. 2. Иракская проба серии 9560. Масс-спектр вторичных ионов при распылении материала, содержащего обедненный уран, углерод и хлор [12, 26, 28]

не выгорает до такой степени обеднения по ^{235}U [6, 15]. С другой стороны, в рамках традиционных методов обогащения с помощью газовой диффузии или центрифугирования UF_6 столь глубокое извлечение ^{235}U из относительно дешевого природного сырья экономически нецелесообразно: для отвалного продукта характерно содержание ^{235}U 0,25–0,3% [3].

И действительно, в обзорном масс-спектре (рис. 2) нет фторсодержащих молекулярных ионов, которые всегда регистрируются при распылении объектов, содержащих гексафторид урана или продукты его гидролиза [12], зато присутствуют ионы $^{238}\text{U}^{35}\text{Cl}^+$ и $^{238}\text{U}^{37}\text{Cl}^+$. Наличие хлора подтверждается масс-спектрами отрицательных вторичных ионов и данными рентгеновского микроанализа (В. А. Стебельков). А как известно, UCl_4 используется при электромагнитном разделении изотопов урана [16, 17].

Был сделан вывод о том, что фрагменты графитовых пластин представляют собой обломки конструкции приемного устройства масс-сепаратора электромагнитного типа – так называемого калютрона* [12]. Эти установки во время Второй мировой войны применялись в США: «Электромагнитная изотопная сепарация использовалась в США в рамках Матхэтенского проекта с целью производства высокообогащенного урана для ядерной бомбы, сброшенной на Хиросиму. Иракская оружейная программа возродила этот метод в конце 80-х и преуспела в сепарации нескольких сотен граммов низкообогащенного продукта перед тем, как была прекращена» [2].

О том, что пробы были действительно из Ирака, говорится в меморандуме МАГАТЭ от 14 июля 1993 г., предоставленном российской лаборатории. В нем, в частности, сопоставлены наши результаты (1993 г.) с данными иностранных лабораторий (1991 г.) по тем образцам из Ирака, которые представляли собой «14 графитовых и 1 алюминиевую пластины различной площади, а также фрагмент графитовой конструкции коллектора электромагнитного сепаратора в Тармии».

* Русская транскрипция английского «calutron» — от California University Cyclotron. В этих установках реализована конструкция электромагнита одного из циклотронов Калифорнийского университета.

В 1998 г. мне довелось посетить штаб-квартиру МАГАТЭ в качестве консультанта от российской лаборатории по применению МСВИ, и я получил подтверждение принадлежности проб серии 9560 [18] именно Ираку лично от руководителя Чистой лаборатории Д.Донахью. В своем обзоре [14], опубликованном уже в 2002 г., он также подтверждает факт наличия сильно обедненного урана на деталях разрушенных иракских установок: инспекторы МАГАТЭ и ООН, «к своему удивлению, обнаружили свидетельства обогащения урана. Они обнаружили также крайне обедненный уран, который мог быть получен только методом электромагнитного разделения».

Принципы обогащения урана на калютроне

Калютрон — это внушительных размеров масс-спектрограф, в котором ионы урана, ускоренные потенциалом в несколько десятков киловольт, движутся в однородном магнитном поле по круговым траекториям. Радиусы этих траекторий определяются отношением массы частицы к ее заряду, соответственно, пучки ионов $^{235}\text{U}^+$ и $^{238}\text{U}^+$ расходятся на максимальное расстояние на другом конце диаметра по отношению к ионному источнику («геометрия 180°»). В этом месте и располагаются ионные ловушки [19, 20]. Суммарная мощность ионных пучков достигает нескольких киловатт, поэтому сам приемник ионов — коллектор — делается из металла и имеет полости для водяного охлаждения [19].

Качество разделения изотопов принято характеризовать кратностью обогащения α (частное от деления изотопного отношения $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ в продукте обогащения на ту же величину в исходном материале). Величина обогащения при получении 4,5 %-ного урана из природного сырья (то, что пока удалось осуществить в Иране) равна $\alpha = (4,5/95,5)/(0,72/99,28) = 6,5$.

Кратность обогащения на калютронах исключительно высока и составляет сотни единиц и даже десятки тысяч (последнее — для приборов со скрещенными магнитным и электрическим полями [19]). Для сравнения: величина обогащения, достигаемая на отдельной центрифуге или газодиффузионной колонне, составляет чуть больше единицы, это приводит к необходимости компоновать сотни таких установок в единый каскад.

Возможность качественного разделения изотопов урана в одну стадию и предопределила выбор электромагнитного метода на первом этапе ядерной программы США. Прямое утверждение о том, что именно на калютронах [20] был наработан оружейный уран для бомбы, сброшенной на Хиросиму, содержится в нескольких источниках [2, 21]. В 1942 г. в Ок-Ридже приступили к строительству двух заводов по обогащению урана. Для одного из них (Y-12) проектировалось производство разделения изотопов электромагнитным методом, на другом — газодиффузионным методом. По данным [20], к 1945 г. на заводе Y-12 работало 25 тыс. человек и было задействовано 1100 установок, из которых 800 (калютроны альфа-типа) использовались для предварительного обогащения природного урана до 15%, а далее на калютронах бета-типа концентрация ^{235}U доводилась до ~90%.

Такой масштаб производства обусловлен низкой производительностью электромагнитного метода, по-

этому очень странно, что автор фундаментального обзора [20] ничего не пишет о предварительном обогащении урана более производительным газодиффузионным методом, ведь это дает выигрыш во времени, пропорциональный увеличению исходной концентрации изотопа ^{235}U . Смеем предположить, что прагматичные американцы, намеревавшиеся продать оборудование уже после заключения ДНЯО, хотели показать, что существуют такие калютроны, на которых высокообогащенный уран получить нельзя*, следовательно, их экспорт не является нарушением статьи 2 Договора, которая гласит: «Каждое из государств-участников настоящего договора, обладающих ядерным оружием, обязуется... никоим образом не помогать, не поощрять и не побуждать какое-либо государство, не обладающее ядерным оружием, к производству или к приобретению каким-либо иным способом ядерного оружия...» [22].

Идентификация исходного урана, подвергнувшегося обогащению на электромагнитной установке в Ираке

На той детали, которая в реестре проб значилась как «фрагмент графитовой конструкции коллектора», в 1993 г. был найден слабообогащенный уран (6,7%, О.Н.Колесников). Обратившись к описанию объектов исследования в декабре 2002 г., я обнаружил в нем следующие подробности.

1. В отличие от обедненного продукта, слабообогащенный уран присутствовал на поверхности графита не в виде сплошного слоя, а в виде отдельно лежащих частиц, имеющих размеры в десятки микрометров; такие частицы в принципе не могут образоваться на поверхности, облучаемой ионным потоком.

2. Элементный состав этих частиц принципиально отличался от такового для «частиц» обедненной фракции, а они должны были бы быть тождественными, поскольку как те, так и другие найдены на одном и том же материале — графите.

3. Изотопный состав урана в частицах был одинаковым, хотя мазок был взят с поверхности заведомо большей, чем площадь всех графитовых пластин, вместе взятых. Здесь требуется пояснение. При энергии ионов в десятки кэВ ионная имплантация бомбардируемой поверхности преобладает над ее распылением, в результате чего не происходит полного изотопного перемешивания в обедненной и обогащенной фракциях. Именно поэтому изотопный состав урана, накопленного на деталях приемного устройства, неоднороден, он отражает соотношение ионных потоков $^{235}\text{U}^+$ и $^{238}\text{U}^+$ в разных «точках» масс-спектра калютрона. Этот спектр весьма компактен: расстояние между пиками измеряется сантиметрами.

Перечисленные признаки указывают на то, что мы имели дело не с продуктом обогащения, а с конденсатом, образовавшимся в ионном источнике, где многоступенчатая деструкция молекул легколетучего хлорида UCl_4 [23] вплоть до образования ионов U^+ осуществлялась или под воздействием электронного удара [20], или, что более вероятно, с помощью другого традици-

* Это ложный послыл. Чтобы на калютроне альфа-типа (кратность обогащения 24,3) получить уран с содержанием 20% ^{235}U , достаточно повысить исходную концентрация всего до 1,2%.

онного для масс-спектрометрии метода — ионизации на поверхности раскаленного металла. По данным рентгеновского микроанализа (В.А. Стебельков), частицы слабообогатенного урана не содержали хлора, т.е. в горячем источнике конденсировалась, как и следовало ожидать, самая труднолетучая компонента газоплазменной смеси. Появление хлора в материале, образовавшемся в результате ионной имплантации урана в графит, тоже понятно. Ведь в калютроне не предусмотрена дифференциальная откачка, поэтому на поверхности деталей приемника ионов с неизбежностью происходит рекомбинация урана с хлором. Кроме того, существуют и потоки ионов UCl^+ [16], для которых тоже предусматриваются ловушки.

Таким образом, упоминаемый Д.Донахью факт использования низкообогатенного урана в качестве исходного материала [2] тоже имеет объективное научное подтверждение.

Обнаружение «крайне обедненного урана» как признак наработки высокообогатенного ядерного материала

Итак, обогащению электромагнитным методом подвергнулся «низкообогатенный продукт» (6,7%), а одним из результатов процедуры разделения изотопов явилось накопление на деталях приемного устройства «крайне обедненного урана» (0,02% и 0,06%). Подчеркиваю еще раз, что слова в кавычках принадлежат перу авторитетного сотрудника Департамента гарантий МАГАТЭ Д.Донахью, который является главным идеологом методологии контроля ядерной деятельности по данным анализа мелкодисперсных продуктов [2, 14].

В [24] дан вывод формулы, которая связывает среднее процентное содержание ^{235}U в двух симметричных ионных ловушках любой протяженности в предположении, что распределения $I^{235}(m/e)$ и $I^{238}(m/e)$ в масс-спектре калютрона тоже симметричны и различаются только масштабным множителем [24 – 28]:

$$Y = 100\% \{1 + [(100-A)^2/A^2][X/(100-X)]\}^{-1}$$

где А, X, и Y — содержание ^{235}U в исходном материале и в двух ловушках.

Это уравнение полностью симметрично относительно переменных X и Y и позволяет сопоставлять изотопный состав урана из обедненной и обогащенной фракций. Материалу с содержанием ^{235}U 0,06 и 0,02% на симметричном участке масс-спектра отвечает высокообогатенный уран — 89,6 и 96,3%. Легко убедиться, что кратность обогащения по обоим изотопам совпадает — соответственно 120 и 359.

Приведенные значения являются оценками «снизу», поясним — почему. Во-первых, реальные пики $I^{235}(m/e)$ и $I^{238}(m/e)$ асимметричны из-за энергетических потерь в ионном источнике — они уширены у основания со стороны большей массы, что вообще характерно для магнитных спектрометров без двойной фокусировки. Эта асимметрия приводит к тому, что вклад левой функции в правую больше, чем обратное наложение. Такого же типа асимметрия имеет место и при разделении ионов UCl^+ . У хлора два изотопа: ^{35}Cl и ^{37}Cl , их распространенность 74,77% и 25,33% [4], поэтому в масс-спектре молекулярных ионов UCl^+ присутствует квартет, в котором левая и правая части представлены асимметричными двугорбыми распределениями.

Во-вторых, следует учесть перепыление материала, приводящее к изотопному перемешиванию, а также то обстоятельство, что наивысшее масс-спектральное разрешение калютрона достигается в фокальной плоскости, а сильно обедненный уран мог образоваться и в другом месте.

В-третьих, развертка масс-спектра вторичных ионов в каждом цикле повторяющихся накоплений импульсов всегда идет от меньшей массы к большей [10], поэтому в расчетах изотопного соотношения по площадям пиков $^{235}U^+$ и $^{238}U^+$ (см. рис. 1) присутствует систематическая погрешность, обусловленная уменьшением сигнала за время развертки от 235-й до 238-й массы [12].

Но все это — второстепенные детали. Главное же заключается в том, что для урана, накопленного не на поверхности графита, а в металлическом коллекторе ионов, кратность обогащения по обоим изотопам должна быть еще выше, потому что этот материал соответствует максимумам распределений $I^{235}(m/e)$ и $I^{238}(m/e)$. Но самая ответственная деталь установки нам не была предоставлена.

Создал ли Ирак урановую бомбу?

Вывод о том, что на обследованном масс-сепараторе нарабатывали не просто высокообогатенный (>20%), а оружейный уран, сделан в [28]. Получать другой просто не имело смысла, потому что у Ирака уже был в наличии высокообогатенный уран, предназначенный для работы трех исследовательских реакторов. Один из них (ИРТ-5000) был построен СССР на основании соглашения от 17 августа 1959 г., а другие два — Францией [29, 30].

Общее количество высокообогатенного топлива, вывезенного из Ирака специалистами России (Минатом) и США (компания Nuclear Assurance) после принятия резолюции Совета безопасности ООН 687 (1991 г.), превышало 100 кг. Имелась в Ираке и горячая камера, закупленная в Италии [30], в которой можно было перерабатывать облученное топливо.

Иракцам, задавшимся целью создать заряд импlosionного типа* [31], не было никакого смысла использовать незначительное число установок (порядка 30) с малой производительностью, но высокой кратностью обогащения для наработки низкообогатенного урана из природного, как это было зафиксировано в официальном заключении МАГАТЭ (доклад Генерального директора S/1997/779, заслушанный на заседании Совета Безопасности ООН 8 октября 1997 г.). Имело смысл только одно — использовать калютроны для получения урана с предельно высоким обогащением, чтобы довести имеющийся высокообогатенный уран до оружейной кондиции (94%).

Но для этого к 20 кг даже 93%-ного урана необходима добавка 3,3 кг чистого изотопа ^{235}U . С учетом малой производительности электромагнитного метода — это громадное количество. Теоретически его можно получить на одной установке из сырья с начальной концентрацией 6,7% примерно за 70 лет (оценка основана на предположении, что полный ионный ток

* Техника обжатия делящегося вещества путем направленного взрыва дает возможность обойти его меньшим количеством по сравнению с зарядом «пушечного» типа [5].

калютрона составляет 0,1 А). А если задействовать все 30 установок? А если обогащать не 6,7%-ный уран, в котором изотопное соотношение $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ ровно в 10 раз выше природного, а более концентрированный материал? Но иракцы не успели, потому что 3,3 кг — это всего лишь абстрактный минимум. Топливо выгорело (примерно до 80%), а разделение изотопов на калютронах не бывает 100%-ным.

По данным Службы внешней разведки России, имевшимся на 1995 г. [5] «В результате военных операций и деятельности инспекций спецкомиссии ООН производственная база по получению ядерных материалов и созданию из них боезарядов уничтожена. Высокообогащенный уран, находившийся в Ираке под гарантиями МАГАТЭ, из страны вывезен. Сведений, указывающих на продолжение Ираком в настоящее время работ в области ядерного оружия, не имеется». Таким образом, обвинения Ирака в конце 2002 г.— начале 2003 г. со стороны администрации США в продолжении работ по созданию ядерного оружия абсолютно беспочвенны.

О представительности иракских проб

Как было отмечено выше, в упомянутом меморандуме МАГАТЭ от 14 июля 2003 г. сопоставлены наши результаты (1993 г.) с данными иностранных лабораторий (1991 г.). Там на фрагментах конструкции демонтированного калютрона найден уран, характеризующийся непрерывным спектром содержания ^{235}U — от 0,16% до 10,9%. Анализ всей совокупности экспериментальных данных по разрушенной установке, функционировавшей в Тармии, позволяет сделать следующие выводы.

1. Уран с еще более высоким обеднением нами обнаружен на графите, а металлическим коллектором ионов мы не располагали. Следовательно, коллектора ионов тем более не могло быть в иностранных лабораториях.

2. Физика процесса разделения изотопов на калютроне такова, что чем сильнее обеднение материала, тем больше его накапливается на деталях приемного устройства. Мы обнаружили крайне обедненный уран, а иностранцы, которые располагали более чувствительной аппаратурой, — нет. Значит, набор проб с разрушенной установки был «препарирован» и после изъятия коллектора ионов. В частности, был изъят тот участок масс-спектра на графите, который фиксировал высокообогащенный уран.

3. Спустя два года после первого исследования проб нам был предоставлен дополнительный участок масс-спектра от детали калютрона, расположенного ближе к коллектору. Значит, в МАГАТЭ существовал банк проб, которые не были предоставлены аккредитованным лабораториям в 1991 г.

4. Пользуясь формулой (см. выше), можно сделать вывод о непредставительности проб, исследованных иностранными лабораториями, независимо от российских данных и даже в предположении, что исходный уран был природным ($A = 0,72\%$).

Итак, пробы с установки, функционировавшей в Тармии, следует квалифицировать как непредставительные, т.е. подложные, а банк данных МАГАТЭ по этим пробам — фальсифицированным. Подлож явствует уже из одного того факта, что деталь ионного источника представлена как «фрагмент конструкции

коллектора». Впервые вопрос о представительности проб, переданных России из МАГАТЭ для анализа, поднят в 2002 году [32] на основании того факта, что уран с содержанием ^{235}U 0,06% не может соответствовать максимуму пика $^{238}\text{U}^+$, поскольку он найден на графите, а коллектор ионов делается из металла [19].

Зачем понадобилось фальсифицировать банк данных МАГАТЭ?

Ответ на этот вопрос проясняет анализ цитаты из книги Г.Гарднера «Ядерное нераспространение» [22]: «Сталкиваясь со все более ужесточающимся контролем за ядерным экспортом, страны, заинтересованные в создании ядерного оружия, могут обратиться к неконтролируемой, устаревшей технологии для того, чтобы получить установки, в которых они нуждаются. Эта проблема выявилась после того, как было обнаружено, что Ирак использовал устаревшую технологию электромагнитного разделения изотопов с помощью калютронов для обогащения урана. Калютроны были разработаны в США во время Второй мировой войны, и угроза, которую они представляют для режима нераспространения, была недооценена. До того, как использование этой технологии Ираком было обнаружено, калютроны не являлись объектом экспортного контроля»

Как видим, в Ирак была экспортирована не просто технология разделения изотопов урана, а сами установки, которые Ирак не разрабатывал, а «получил». Уже само употребление термина «режим нераспространения» однозначно свидетельствует о том, что установки были проданы после заключения ДНЯО.

Тезис о том, что калютроны якобы не представляют угрозу режиму нераспространения, изначально ложный, потому что американцы сами успешно получали на них оружейный уран. Для этого они и были разработаны «во время Второй мировой войны».

Экспортировать установки в Ирак могла только страна, применявшая электромагнитный метод для обогащения урана в промышленных масштабах. Таких стран всего две — США и СССР. Но наши установки [33] отличаются по конструкции от американских. В этой связи отметим одну важную деталь: летом 1991 года, когда инспекторы МАГАТЭ и ООН делали свои «открытия» в Ираке [14], «империя зла» еще существовала, и можно не сомневаться, что если бы наша страна имела отношение к экспорту в Ирак технологии электромагнитного обогащения, а США — нет, то обвинение Советского Союза в нарушении ДНЯО последовало бы незамедлительно. Да и никакой другой стране не удалось бы избежать подобных обвинений.

Определение «устаревшая» применительно к технологии понадобилось автору для того, чтобы не возникло подозрение в нарушении статьи 1 Договора о нераспространении ядерного оружия. На самом деле любая технология может быть старой или новой, малопродуктивной или эффективной, но никак не «устаревшей», потому что физические законы, лежащие в ее основе, не меняются со временем, не устаревают. Электромагнитный метод применяется до сих пор и в Лос-Аламосской национальной лаборатории [20], и у нас в РНЦ «Курчатовский институт» [34] для разделения небольших количеств самых разнообразных изотопов.

Учебное пособие «Ядерное нераспространение» было издано после того, как все калютроны, функционировавшие в Ираке, были разрушены, а детали с этих установок обследованы в лабораториях, включенных в сеть МАГАТЭ. Допустим, что американцы, прекрасно знавшие назначение и конструкцию калютронов, не имели никакого отношения к их экспорту в Ирак и только после операции «Буря в пустыне» обнаружили, что иракцы разработали эти установки сами или приобрели их с помощью своих друзей. Казалось бы, что может быть проще — взять и квалифицированно изобличить нарушителей ДНЯО. Но тут происходит прямо противоположное — калютроны разрушают, а инспекторам МАГАТЭ и ООН приходится делать выводы о ядерной деятельности в Ираке на основании анализа «проб окружающей среды», представлявших собой обломки установок, ни на одном из которых высокообогащенный уран не находят.

Это и явилось доказательной основой концепции, по которой в Ирак экспортировали оборудование, действительно не представлявшее угрозы режиму нераспространения. В противном случае нарушителем ДНЯО автоматически становились США.

Спросим самих иракцев

Г.Диллон, который с июня 1997 по ноябрь 1999 г. был руководителем Группы действий МАГАТЭ в Ираке, в своей статье [35] пишет, что в результате инспекций и *бесед с иракской стороной* (выделено мной, Н.В.) установлено, что к январю 1991. г. Ирак построил в Эт-Тармии и приступил к вводу в эксплуатацию установки, рассчитанной на производство 15 кг высокообогащенного урана методом электромагнитного разделения изотопов. Учитывая совпадение географического названия (Эт-Тармия) с тем, которое приведено в меморандуме МАГАТЭ от 14 июля 1993 г., можно констатировать следующее.

1. На обследованной установке действительно получали высокообогащенный уран.

2. Заявленное количество этого продукта однозначно свидетельствует о том, что процедуре разделения изотопов подвергался не природный, а предварительно обогащенный уран.

3. Все лаборатории, аккредитованные при МАГАТЭ, исследовали подложные пробы, поскольку никто высокообогащенный уран в этих пробах не обнаружил.

4. Банк данных МАГАТЭ по иракским калютронам был фальсифицирован, соответственно доклад Генерального директора МАГАТЭ Совету Безопасности ООН содержит ложную информацию о том, что в Ираке на калютронах высокообогащенный уран не получали.

А теперь задумаемся вот над чем. В 2002 году США для обоснования военного вторжения пытаются убедить мировую общественность в том, что со стороны Ирака исходит потенциальная ядерная угроза, а иракские специалисты в доверительных «беседах» сами опровергают безобидную версию МАГАТЭ, которая до этого принималась всеми (и самой иракской стороной в том числе), и заявляют об использовании одного из калютронов по прямому назначению.

Выстраивается следующая логика двух исторических фактов. Первый — это молчаливое согласие иракцев на унижительную для них официальную вер-

сию МАГАТЭ. Второй — неудавшаяся попытка сделать запоздалое признание о применении установок по прямому назначению с целью привлечения к ответственности США. В первом случае речь не шла о смене политического режима в Ираке, а данная версия не только избавляла США от ответственности, но и умаляла вину Ирака, делая ее фактически иллюзорной. В тот момент это вполне устраивало иракское руководство.

Во втором случае, когда над иракским лидером и его окружением нависла реальная угроза устранения, открытое обсуждение информации, противоречащей официальной версии МАГАТЭ, было уже в интересах Ирака, поскольку перекладывало ответственность на США как экспортера запрещенной ядерной технологии. Но в печать [35] попали материалы, компрометирующие только Ирак, и не могло быть иначе, потому что в противном случае США предстали бы перед всем миром в роли провокатора, который свидетельства нарушения ДНЯО со своей стороны уничтожил путем изъятия прямой улики — высокообогащенного урана.

Подведем итоги

В МАГАТЭ существует правило заранее не предоставлять информацию о происхождении проб. Это делается для того, чтобы исключить субъективный фактор при анализе объектов в разных лабораториях. Анонимность проб нужна и для сохранения коммерческих тайн предприятий ядерной промышленности, не связанных с проблемами ДНЯО. Пробы из Ирака были исключением, поскольку об их предстоящем исследовании нам стало известно еще до поступления в Россию. Естественно, и другим лабораториям пробы с разрушенных электромагнитных установок тоже предоставлялись открыто.

Таким образом, каждая заинтересованная сторона смогла убедить в использовании электромагнитного метода и, учитывая отсутствие в пробах высокообогащенного урана, принять концепцию умолчания, в соответствии с которой «Ирак использовал устаревшую технологию электромагнитного разделения изотопов с помощью калютронов для обогащения урана» [22], но не более того.

В работе [28] приведено самое общее математическое соотношение, которое справедливо для любых распределений ионных потоков, а не только симметричных. Оно связывает процентные содержания ^{235}U в обогащенной (Y) и обедненной (X) фракциях, разделенных с помощью перегородки, установленной в любом месте масс-спектра:

$$Y = A \cdot \delta / (1 - (A - A \cdot \delta) / X)$$

$A \cdot \delta$ — площадь под всей кривой $I^{235}(m/e)$ слева от перегородки.

Чем сильнее обеднение, тем выше обогащение. Это уравнение представляет собой не что иное, как математическое выражение закона сохранения вещества в одностадийном процессе разделения двух изотопов.

Никаким методом невозможно в одну стадию выделить из смеси изотопов какой-то один, не обогатив другим изотопом его фракцию. Природа не ведает, какой изотоп нужен человеку, и в первом приближении кратности обогащения по обоим изотопам совпадают. Этого не знали аналитики, которые поверили недобросовестным должностным лицам

недобросовестным должностным лицам МАГАТЭ, будто обнаружение «крайне обедненного урана» является всего лишь признаком использования электромагнитного метода.

В конце 2002 года в Ираке работала комиссия ООН, которую возглавлял Ханс Бликс, занимавший пост Генерального директора МАГАТЭ как раз в те годы, когда исследовались пробы из Ирака. Комиссии был предоставлен полный меморандум ядерной деятельности страны на 12 тысячах страниц, но представители США изъяли из него более половины и не дали возможности предать гласности весь материал.

Опираясь на экспериментальные данные изотопного анализа иракских проб методом МСВИ [12, 28] и применяя способ ядерного контроля, описанный в аннотации и основанный на знании физико-химических процессов при селекции атомов и молекул [26, 28], мы теперь можем с уверенностью судить о содержании части изъятых документов. Более подробная интерпретация научных результатов в терминах политических реалий дана в работах [36–40]. Там предлагается обсудить в Совете Безопасности ООН два вопроса: о «нарушении ДНЯО со стороны США как причастных к экспорту в Ирак технологии получения высокообогащенного урана электромагнитным методом» [32] и о сокрытии этого факта, что выразилось в фальсификации банка данных МАГАТЭ по Ираку в 1991–1993 гг. и в противодействии работе комиссии ООН со стороны США в 2002 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимурбаев Р. Ядерный контроль, 1997, 32–33, с. 3.
2. Dopolnie D.L. J. of Alloys and Compounds, 1998, v. 271–273, p. 11.
3. The nuclear fuel cycle information system: A directory of nuclear fuel facility. 1996 Ed. IAEA, p. 5, 11, 276.
4. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Т. 1. Кн. 1. М.: Наука, 1978, с. 394.
5. Ядерная энциклопедия. Научн. ред. В.Н. Якимец, И.А. Рябцев М.: Благотворит. фонд Ярошинской, 1996, с. 99, 124.
6. Перспективные концепции топливных циклов и реакторов. Отчет 8-й рабочей группы МОЯТЦ. Вена, МАГАТЭ, 1980, (пер. с англ.). М.: ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1980, 208 с.
7. Кауров Г., Стебельков В., Колесников О. Бюлл. по атомной энергии, 2002, 7, с. 13.
8. Кауров Г., Стебельков В. Там же, 2006, 2, с. 7.
9. Вениаминов Н.Н., Вениаминова Г.И., Валуцалов Н.Ш. Рекомендация. ГСИ. Изотопное отношение урана в частицах его окислов размерами от 4 мкм и выше. Методика выполнения измерений. М.: ВНИЦПВ Госстандарта. Регистр. ВНИИМС МИ-2073-90. 1990. 11 с.
10. Вениаминов Н.Н., Колесников О.Н., Стебельков В.А. Ж. анализ. химии, 1991, т. 46, вып. 9, с. 1776.
11. Вениаминов Н.Н., Балыченко А.А., Вениаминова Г.И. Там же, 1991, т. 46, вып. 9, с. 1782.
12. Вениаминов Н.Н. Масс-спектрометрия вторичных ионов в исследовании частиц производственной пыли предприятий ядерного топливного цикла. Там же, 2000, т. 55, № 3, с. 294.
13. Вениаминов Н.Н. и др. Там же, 2003, т. 58, № 4, с. 401.
14. Долохью Дэвид Л. Бюлл. МАГАТЭ, 2002, т. 44, № 2, с. 17.
15. Колобашкин В.М., Ружанский П.А., Сидоренко В.Д. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива. Справочник. М.: Энергоатомиздат. 1983, 384 с.
16. Koch J., Dawton R.H., Smith M.L., Walcher W. Electromagnetic Isotope Separators and Applications of Electromagnetically Enriched Isotops. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. 1958, 314 p.
17. Шемля М., Перье Ж. Разделение изотопов. Пер. с фр. М.: Атомиздат, 1980, 169 с.
18. Stebel'kov V.A., Veniaminov N.N. Analytical Procedures for Detection of Undeclared Nuclear Activities. Vien: IAEA. Report ID: RUS A 00999. SP-1 ID: 93/SAL-009. 1998, 30 p.
19. Сысоев А.А. Физика и техника масс-спектрометрических приборов и электромагнитных установок. М.: Энергоатомиздат, 1983, 256 с.
20. Love L.O. Science, 1973, v. 182, 4110, p. 343.
21. Ирвинг Д. Вирусный флигель. Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1969, с. 181.
22. Гарднер Гарри Т. Ядерное нераспространение. Учебное пособие. Пер. с англ. Под ред. проф. В.В. Хромова М.: МИФИ. 1995, с. 158, 163.
23. Кац Дж., Рабинович Е. Химия урана. Часть 1. М.: Издательство, 1954, с. 382.
24. Вениаминов Н.Н. В сб.: Актуальные проблемы экологии и природопользования. Вып. 5. Часть 1. М.: Российский университет дружбы народов, 2003, с. 41.
25. Вениаминов Н.Н. Масс-спектрометрия вторичных ионов как инструмент контроля ядерной деятельности. Учредительный съезд Всероссийского масс-спектрометрического общества. Тез. докл. М.: Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, 2003, с. 34.
26. Вениаминов Н.Н. К вопросу о методологии обнаружения незаявленной ядерной деятельности по обогащению урана электромагнитным методом (на примере Ирака). Сборник докладов VIII Всероссийской (международной) научной конференции «Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул». М.: ЦНИИАтоминформ, 2003, с. 251.
27. Вениаминов Н.Н. Вестник РАН, 2004, т. 74, № 1, с. 37.
28. Вениаминов Н.Н. Новые данные по изотопному составу урана на фрагментах разрушенного масс-сепаратора электромагнитного типа. Сборник докладов IX Всероссийской (международной) научной конференции «Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул». М.: ЦНИИАтоминформ, 2004, с. 162.
29. Dopolnie D.L. Analytical Chemistry, 2002, v. 74, 1, p. 28A.
30. Яременко В., Kurier Web. Буря в «Вавилоне»; Сергей Лесков. История ядерной программы Ирака. Материал поступил в РИА «Новости» 09.03.2003.
31. Птицына Н.В., Читайкин В.И. Нераспространение ядерного оружия: принцип Договора 1968 г. и современная информационная среда (на примере Ирака). Ядерные взрывы в СССР. Северный испытательный полигон. Справочная информация. Под ред. акад. В.Н. Михайлова, д.х.н. Ю.В. Дубасова и проф. А.М. Матушенко СПб.: НПО Радиный институт им. В.Г.Хлопина. Вып. 1. 1992. Вып. 2. 1999.
32. Вениаминов Н.Н. «К вопросу о методах обнаружения незаявленной ядерной деятельности». Деп. в Центре военно-научной информации Минобороны России (инв. № В 5194 от 27.08.2002 г.). Сборник рефератов депонированных рукописей. Сер. Б. Вып. 61. М.: ЦВНИ МО РФ, 2002, с. 22.
33. Круглов А.К. Как создавалась атомная промышленность в СССР. Изд. 2-е, исправл. М.: ЦНИИАтоминформ, 1995, с. 196.
34. Кузьмин Р.Н., Мартынов М.И., Соколов Д.В. Сборник докладов VIII Всероссийской (Международной) научной конференции «Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул». М.: ЦНИИАтоминформ, 2003, с. 137.
35. Диллон Гарри Б. Бюлл. МАГАТЭ, 2002, т. 44, № 2, с. 13.
36. Вениаминов Н.Н. Национальная безопасность и геополитика России, 2005, № 3–4, с. 167.
37. Вениаминов Н.Н. Российское военное обозрение, 2006, т. 26, 2, с. 38.
38. Вениаминов Н.Н. Ядерный след в иракской авантюре США. М.: АВИТИ, 2006, 51 с.
39. Вениаминов Н.Н. Политический КЛАСС, 2006, № 7 (19), с. 39.
40. Вениаминов Н.Н. Северная Корея, Ближний и Средний Восток и международные соглашения по ядерному оружию. Российское военное обозрение, 2006, № 3.