



4 сентября 2012 г.

О СОЗДАНИИ В ИРАНЕ ЛАБОРАТОРИИ ПО ЛАЗЕРНОМУ ОБОГАЩЕНИЮ УРАНА. ИСТОРИЯ ДЖЕФФА ЭРКЕНСА*

Антон Хлопков**

В 1960 г. были открыты лазеры, началось широкое изучение возможности их применения в гражданских и военных целях¹. Первыми были созданы импульсные лазеры с выращенным кристаллом рубина в качестве активного элемента; «накачка» происходила от газоразрядной лампы. Позднее было разработано множество типов лазеров, включая газовые (на инертных газах, на парах металлов, на углекислом газе и др.). Одним из направлений изучения применения лазеров стало обогащение урана. Так, в Советском Союзе соответствующие работы начались в 1967 г. в Институте атомной энергии им. Курчатова (ныне – РНЦ «Курчатовский институт»)²; в США к работам по лазерному разделению изотопов урана первыми приступили в Ливерморской лаборатории в начале 1970-х гг.³, во Франции – в начале 1980-х гг.

Программа по лазерному обогащению в Иране: первые шаги

Иран, где в 1974 г. была принята амбициозная программа развития атомной энергетики, был в числе первых стран мира, начавших комплексное исследование возможности использования лазерных технологий для разделения изотопов урана. К изучению возможных областей применения лазерной техники в Иране приступили в начале 1960-х гг.⁴ Весной 1975 г. в рамках Тегеранского центра ядерных исследований (ТЦЯИ), структурного подразделения Организации по атомной энергии Ирана (ОАЭИ), был создан Отдел лазерных технологий; для его развития было предусмотрено строительство научного корпуса, площадью 1000 кв. метров. Планировалось исследование технологии лазерного разделения изотопов в атомарной форме (*AVLIS*) и молекулярного метода лазерного разделения изотопов (*MLIS*). Для работ по изучению первого в 1975 г. ОАЭИ был подписан контракт на создание лаборатории для исследования спектроскопического поведения металлического урана с компанией из Западной Германии⁵. Часть оборудования для лаборатории была

* Статья написана автором в рамках подготовки монографии, посвященной истории развития ядерных технологий в Иране, и планируется к публикации в ближайшем номере журнала «Ядерный клуб».

** **Хлопков** Антон Викторович - директор Центра энергетики и безопасности, главный редактор журнала «Ядерный клуб»; автор и соавтор публикаций «Почему так долго строилась Бушерская АЭС?» (*Ядерный клуб*, №1, 2010), «У ядерного порога: уроки ядерных кризисов Северной Кореи и Ирана для режима нераспространения» (М.: Российская политическая энциклопедия, 2007), «Иранская ядерная программа в российско-американских отношениях» (М.: ПИР-Центр, 2001)».



заказана у британской компании *Lintott Engineering Limited*⁶. На международной конференции, посвященной передаче ядерных технологий, которая состоялась в апреле 1977 г. в Персеполисе и Ширазе, иранские ученые сообщили, что самостоятельно разработали и произвели на основе диоксида углерода лазер мощностью 6 Вт.

Поскольку предусматривались работы по молекулярному методу лазерного обогащения урана, который использует в качестве рабочего материала уран в газообразной форме, ОАЭИ была достигнута договоренность с ЮАР о приобретении технологии фторирования урана⁷. Помимо этого, для удовлетворения будущих потребностей атомной энергетики в урановом сырье (согласно планам, одобренным шахом, общая мощность АЭС Ирана к 1994 г. должна была составить 23 ГВт) в 1975 г. Иран стал совладельцем 15%-ного пакета уранового месторождения *Rossing* в ЮАР (ныне находится на территории Намибии)⁸.

Первых четырех специалистов-лазерщиков, среди которых были два ученых из Ирана и по одному – из Израиля и США, Отдел лазерных технологий ТЦЯИ принял на работу во второй половине 1975 г.⁹. В 1977 г. в Отделе лазерных технологий ТЦЯИ работали уже 5 кандидатов наук, 4 магистра, а также 6 студентов и 4 технических специалиста¹⁰. Значительная часть иранских сотрудников отдела являлась выпускниками Массачусетского технологического института (MIT)^{11,12}. Планировалось, что в будущем кадровые потребности Центра составят 20 человеко-лет в год и будут удовлетворены за счет приглашения иранских специалистов, работающих за рубежом, подготовки национальных кадров на базе создаваемых научных лабораторий отдела¹³, а также привлечения ведущих зарубежных ученых, в том числе из Великобритании, Германии и США¹⁴. Для иранских специалистов в лазерной области, желающих продолжить свое образование, и получить ученую степень в ведущих зарубежных университетах, была учреждена программа стипендий (условие участия в ней – обязательство возвращения в Иран после завершения обучения и поступления на работу по специальности)¹⁵. В частности, представители Ирана обучались в одном из крупнейших университетов Великобритании, расположенном в столице Шотландии Эдинбурге, Университете Хериот-Ватта¹⁶.

В рамках исследования молекулярного метода лазерного разделения изотопов специалисты Тегеранского центра ядерных исследований сделали ставку на сотрудничество с ведущим американским специалистом в этой области – Джеффом Эркенсом. О том, как началось это сотрудничество, как оно развивалось, чем в итоге завершилось и рассказывает данное исследование, подготовленное на базе многочисленных печатных источников и интервью, центральными из которых стали беседы автора с д-ром Эркенсом.



Джефф Эркенс: путь от студента Беркли до лазерного гуру

В США в 1960-1970-х гг. со стороны государства уделялось большое внимание изучению различных областей применения лазерной техники. В числе первых американских ученых, которые стали исследовать возможность использования лазерных установок для разделения изотопов тяжелых металлов, был выходец из Голландии Джефф Эркенс. Родившийся в 1931 г. в Индонезии, в то время - голландской колонии, где врачом работал его отец, в 1950 г. Джефф приехал на учебу в США. В 1957 г. Эркенс стал выпускником первого набора на Факультет ядерной инженерии Университета Калифорнии в Беркли, а уже через три года в том же университете он защитил кандидатскую диссертацию в области инженерных наук¹⁷. Диссертационная работа Джеффа была связана с изучением химических эффектов в среде, образованной осколками деления урана.

Интерес Эркенса к ядерной инженерии во многом определило его детство. Во время Второй мировой войны он три года провел в японском концентрационном лагере на о. Ява и был освобожден только после капитуляции Японии. По его мнению, применение США в Хиросиме и Нагасаки ядерного оружия спасло ему жизнь и стимулировало интерес к тематике, которая стала центральной в будущей профессиональной карьере^{18,19}.

Свою первую работу по профессии Эркенс получил в США в 1957 г., когда завершал обучение в магистратуре. В стенах исследовательской лаборатории Университета Калифорнии он осуществлял измерения эффективности разделения изотопов урана при помощи одного из вариантов технологии обогащения, разработанной немецким ученым Беккером (т.н. метода разделительного сопла)^{20,21}. Реализация проекта осуществлялась Университетом по заказу Комиссии по атомной энергии (КАЭ) США.

В период учебы в аспирантуре в 1957-1960 гг. Эркенс работал в должности специалиста-физика и инженера исследовательских ядерных реакторов компании *Aerofjet-General-Nucleonics (AGN)*, в том числе участвовал в их монтаже и вводе в эксплуатацию. Получив лицензии на право быть оператором исследовательских реакторов *AGN-201* и *AGN-202* в университетах Оклахомы (Норман, шт. Оклахома) и Уильяма Марша Райса (Хьюстон, в шт. Техас) соответственно, он принимал участие в экспериментах компании на исследовательских ядерных установках. Также в ходе работы в *AGN* Эркенс участвовал в разработке мобильных наземной (*ML-1*) и космических (*SNAP*, *SPUR*) ядерных энергетических установок. В 1961 г. он стал гражданином США, что дало ему более широкие возможности по участию в засекреченных проектах в интересах Правительства США²².

После успешного завершения аспирантуры Эркенс остался в Калифорнии, где поочередно работал в нескольких ведущих аэрокосмических корпорациях США. В 1960 г. он поступил в *Aerospace Corporation*, где специализировался на работах, связанных с исследованиями по тематике ядерных ракетных двигателей, а также принимал участие в проектах по разработке систем



спутникового слежения за космическим пространством. В частности, был задействован в разработке семейства спутников «Вела», создаваемых для контроля за соблюдением Советским Союзом Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой, подписанного в Москве 5 августа 1963 г.; а также в проекте по созданию системы оповещения о ракетном нападении *MIDAS*²³ и программе космической разведки США *SAMOS*²⁴.

В 1963 г. Эркенс перешел на работу в корпорацию *Northrop*, где в лаборатории космических исследований впервые приступил к исследованиям с использованием лазерной техники, став начальником отдела лазерных систем²⁵. За год ему удалось разработать, создать и впервые в мире продемонстрировать работу лазера с ядерной накачкой, для которой был использован импульсный исследовательский реактор *TRIGA Mk F*²⁶. Однако в результате растущих расходов на войну во Вьетнаме после полномасштабного вмешательства в конфликт в 1964 г., Правительство США было вынуждено сокращать финансирование перспективных оборонных исследовательских проектов, в том числе космических, что заставило корпорацию *Northrop* в 1967 г. закрыть свою лабораторию космических исследований. Джеффу и нескольким его коллегам было предложено прекратить работы с лазерной техникой в рамках космических исследований и перейти в подразделение электроники.

Эркенс вместе с коллегами принял решение покинуть корпорацию *Northrop* и совместно учредить компанию *Xion*, которая, планировалось, будет заниматься научно-исследовательскими и конструкторскими работами, связанными с разработкой, производством и применением лазерных систем. Однако найти заказы оказалось делом непростым. После полугода безуспешных поисков партнеры приняли решение компанию закрыть и вновь стать наемными работниками.

В 1967 г. американский ученый индийского происхождения Н.К. Сатиендра, который ранее занимал должность вице-президента лаборатории космических исследований корпорации *Northrop* и являвшийся начальником Эркенса, узнав, что Джефф находится в поисках работы, пригласил его в созданную им компанию *Science and Technology Associates (S&T)*. Учрежденная после закрытия «космической» лаборатории *Northrop*, она специализировалась, главным образом, на выполнении контрактов в интересах Министерства обороны США. Эркенс продолжил в компании свои работы с лазерной техникой. Один из проектов был связан с изучением продуктов сгорания ракетного топлива советских баллистических ракет и определением его состава с помощью спектрального анализа данных со спутников. Кроме того, он исследовал возможность анализа продуктов сгорания ракетного топлива с помощью лазеров, а также применения лазерных систем для перемещения воздушных шаров при проведении с последних в интересах разведсообщества США фотосъемки в районе ракетного испытательного полигона Китая. Именно работая в *S&T*, Эркенс в 1969 г., размышляя о возможных новых областях применения лазеров, впервые всерьез задумался о возможности использования



лазерных систем для разделения изотопов урана и выполнил первые соответствующие теоретические расчеты²⁷. В первую очередь, он рассматривал перспективы реализации молекулярного метода лазерного разделения изотопов тяжелых металлов, ныне известного как *MLIS*, который представлялся ему более простым и дешевым в практическом освоении, поскольку не требовал работы с агрессивной средой в виде паров металлического урана, как, например, технология лазерного разделения изотопов в атомарной форме (*AVLIS*). Будучи сотрудником *S&T*, он также подал документы на получение своих первых патентов, связанных с технологией лазерного обогащения.

Однако талантливый ученый, автор многочисленных научных публикаций Сатиендра оказался не столь успешен в делах бизнеса. В конце 1960-х гг. *S&T* оказалась на грани банкротства; он был вынужден сократить штат, оставив только двух сотрудников, включая Эркенса, чтобы выполнить имеющиеся контрактные обязательства. Джефф вынужден был покинуть компанию в 1970 г., после того как находившийся в депрессии из-за неудач в бизнесе Сатиендра покончил с собой вскоре после того, как его жена подала на развод.

Лазерное обогащение: первый успех Эркенса

В апреле 1971 г. по рекомендации юриста *S&T* Эркенс приступил к работе в компании *AiResearch Manufacturing Co.*, подразделении корпорации *Garrett*, одной из ведущих в то время корпораций США в аэрокосмической области. В начале 1960-х гг. сразу несколько американских национальных лабораторий и промышленных корпораций получили заказы от КАЭ США²⁸ на разработку технологии центрифужного обогащения урана, которая могла бы применяться для разделения изотопов урана в промышленных масштабах. Корпорация *Garrett* занималась разработкой центрифуги в рамках закрытой программы с 1961 г.²⁹ Эркенс был принят в ее штат на условиях, что основную часть своего рабочего времени он в качестве научного сотрудника будет участвовать в разработке ультрацентрифуги для обогащения урана и изучении лазерного метода обогащения урана³⁰. Эркенс поделился с руководством *AiResearch* своими идеями в отношении потенциала молекулярного метода лазерного разделения изотопов тяжелых металлов, предложив изыскать средства для проведения соответствующих экспериментов. С учетом наличия в центрифужной программе *AiResearch* гексафторида урана, а также масс-спектрометров, которые использовались для измерения уровня обогащения урана и оценки результатов экспериментов, бюджет таких работ представлялся умеренным. Речь шла главным образом о выделении средств на разработку и создание лазеров. В компании было принято положительное решение, и Джефф Эркенс был назначен менеджером проекта по исследованию лазерного метода разделения изотопов, параллельно осуществляя работы по центрифужному направлению. Прежде чем начать эксперименты, стороны достигли договоренности о принципе разделения прав на все потенциальные новые изобретения в области лазерного обогащения. Другим направлением работы Джеффа в *Garrett* стало завершение подготовки к изданию по заказу Военно-воздушных сил США трехтомного справочника «Излучение ракетных



двигателей»³¹, начатой ранее в стенах компании *Science and Technology Associates (S&T)*.

В 1972-1973 гг. Эркенс сконструировал экспериментальную установку по лазерному обогащению урана, на которой он провел серию экспериментов, связанных с изучением изотопно-селективного усиления медленно протекающих химических реакций в газообразных смесях гексафторида урана и хлорида водорода. Во время экспериментов Эркенс использовал лазеры на основе диоксида углерода с длиной волны 10 микрон, которые он сконструировал самостоятельно. Полученные им результаты были проверены специалистами в области масс-спектропии компании *Garrett*. Согласно измерениям последних, коэффициент разделения на одной ступени³² в экспериментах Эркенса составил 1,01³³. Этот показатель значительно превышал средний коэффициент разделения доминирующей в то время в мире технологии обогащения урана – технологии газовой диффузии (1,004)³⁴. Всего эксперимент был повторен несколько раз, и получены согласующиеся результаты³⁵. Джефф Эркенс рассчитывал, что в дальнейшем за счет совершенствования установки удастся добиться коэффициента разделения 1,1-1,5 (для сравнения, коэффициент разделения центрифуги модели *IR-1*, которая является в настоящее время основой заводов по обогащению урана в Иране, составляет примерно 1,3)³⁶.

Руководство Корпорации *Garrett* со ссылкой на полученные результаты обратилось в КАЭ за финансовой поддержкой дальнейших работ. Заявка работодателей Эркенса была направлена на техническую экспертизу в Лос-Аламосскую лабораторию, которая являлась головной организацией в разработке молекулярного метода лазерного разделения изотопов в США. Специалисты лаборатории, однако, пришли к заключению, что предложенная схема разделения изотопов урана не является перспективной. На основании заключения в КАЭ было принято решение отказать в поддержке проекта. По этой же причине был сделан вывод, что технология не подлежит засекречиванию. Парадоксальность ситуации заключалась в том, что техническая экспертиза установки Эркенса проводилась лабораторией, которая получала значительное государственное финансирование на проведение работ в области лазерного обогащения урана на основе молекулярного метода, и в этой связи, вероятно, рассматривала разрабатываемую им технологию в качестве конкурирующей.

Компания *AiResearch* продолжила работы Джеффа Эркенса за счет собственных средств и повторно подала заявку на их финансирование Комиссией по атомной энергии несколькими месяцами позднее. Однако вновь получила отрицательный ответ. КАЭ рекомендовала компании сконцентрироваться на реализации работ по центрифужной технологии, которые осуществлялись за счет Комиссии. На рубеже 1975 и 1976 гг. *AiResearch* отказалась от продолжения работ по тематике лазерного обогащения. Среди причин такого решения было нежелание за счет собственных средств вступать в конкуренцию с аналогичной программой в Лос-Аламосе, которая получала государственное финансирование до 30 млн. долл. в



год, а также возникшие разногласия с Эркенсом о сроках и объеме выплаты вознаграждения за использование запатентованных им технологий.

11 декабря 1975 г. Эркенс подал заявку на получение патента на разработанную им технологию лазерного разделения изотопов тяжелых металлов, которую он назвал *LISOSEP*^{37,38}. Заявка на получение патента, помимо описания технологии разделения, содержала описание завода по лазерному обогащению урана. Согласно последнему, завод способен обогащать природный уран за один цикл до уровня 2,5%-7% (т.е. с коэффициентом разделения от 4 до 10) и выше, а оценочная стоимость разделения на таком заводе будет в 100-1000 раз меньше, чем на заводе по диффузионному разделению изотопов урана³⁹. Данные, внесенные в заявку на патент, были получены при помощи теоретических расчетов и не были подкреплены экспериментально. Позднее Эркенс пришел к выводу о том, что большинство из описанных в патенте методик химического выделения изотопов урана нереализуемы, и что эффективное промышленное обогащение урана может основываться только на подавлении образования димеров (в этом заключался его «План Б»)⁴⁰.

Со своей стороны, Джефф Эркенс был недоволен ходом работ по лазерному направлению, в частности, неспособностью *AiResearch* привлечь финансирование для дальнейшей разработки и совершенствования технологии, низкими темпами реализации проекта и необходимостью делить свое рабочее время между центрифужной и лазерной тематиками. Это подтолкнуло его начать самостоятельный поиск венчурных инвесторов для дальнейшей разработки технологии лазерного обогащения⁴¹.

Письмо шаху Ирана

Джефф Эркенс приступил к широкому распространению информации о своих работах. 2 января 1976 г. он направил в редакцию журнала *Applied Physics B: Lasers and Optics (Прикладная физика)* статью, в которой описал свои эксперименты в *AiResearch* и достигнутые результаты. Статья была принята к публикации и издана в майском номере журнала за 1976 г.⁴². В июне 1976 г. он выступил с сообщением на Международной конференции квантовой электроники в Амстердаме, а вскоре после - с презентацией в Центре ядерных исследований в Сакле (Франция)⁴³.

Эркенс рассматривал возможность получения финансирования из всевозможных источников. Но не найдя поддержки и средств на продолжение работ среди американских компаний и государственных структур США, Эркенс стал рассматривать потенциальных иностранных инвесторов. Одним из первых, к кому он обратился, был вице-президент голландской корпорации *Royal Dutch Shell* по фамилии Токсопеус. Корпорация в то время диверсифицировала свой бизнес за счет приобретения активов атомной промышленности. В частности, в 1974 г. стала владельцем 50%-ой доли *General Atomics*⁴⁴. Однако специалисты европейского нефтяного гиганта, прибывшие в Сан-Диего (шт. Калифорния) для



обсуждения возможности сотрудничества, интереса к технологии Эркенса не проявили⁴⁵.

Знакомый Джеффа, предприниматель из шт. Флорида Дон Ватсон, предлагал обратиться за финансированием к руководителю Ливийской Джамахирии Муаммару Каддафи, который во второй половине 1970-х гг. заявлял о готовности выделить до 10 млрд. долл. США на развитие в стране ядерных технологий⁴⁶. Однако Эркенс эту идею отверг⁴⁷.

Помощь пришла неожиданно. Дядя Джеффа Ян Буст в начале 1930 гг. был учителем немецкого и французского языков шаха Ирана Мохаммеда Резы Пехлеви, когда тот обучался в Швейцарии в одной из престижнейших школ-пансионатов страны «Институт Розе» (*Institut Le Rosey*). Эту историю Эркенс однажды рассказал в компании своего друга-юриста Теда Фаррелла иранскому бизнесмену Сассану Сафа, который занимался поставками электронного оборудования из США в Иран. Последний с ходу предложил Джеффу, учитывая роль его дяди в образовании шаха, обратиться к иранскому монарху, известному своей поддержкой высокотехнологичных проектов, за финансированием работ в области лазерного обогащения. Тед Фаррелл скептически отнесся к этой инициативе, аргументировав, что шах только что предоставил Франции кредит в размере 1 млрд. долл. на строительство в рамках международного консорциума *Eurodif* завода по обогащению урана на основе газодиффузионной технологии⁴⁸. Однако иранский бизнесмен вызвался подготовить черновик письма, которое Джефф Эркенс подписал и отправил 11 февраля 1976 г.⁴⁹.

В письме упоминалась технология лазерного разделения изотопов урана *LISOSEP*, разработанная Джеффом. В частности, отмечалось, что контрольно-проверочные эксперименты технологии были проведены в 1972-1973 гг. и она представляется значительно более экономичной, чем все известные, включая газодиффузионную. В письме указывалось, что промышленный завод по обогащению урана на основе лазерной технологии будет стоить всего 100 млн. долл., что в 20 раз дешевле, чем предприятия того времени, основанные на газодиффузионных машинах. К письму были приложены публикации Джеффа Эркенса, подтверждающие его научную экспертизу и его возможности. На конверте в поле получателя значилось «Его Императорскому Величеству, Шаху Ирана, Тегеран, Иран»⁵⁰.

Несмотря на сдержанные ожидания Эркенса, через две недели он получил телеграмму из Ирана, а вскоре после этого ему позвонил Моджтаба Тахерзаде, с 1975 г. - директор Тегеранского центра ядерных исследований (ТЦЯИ). Таким образом, профессиональная траектория Джеффа Эркенса и траектория иранской программы лазерного обогащения пересеклись.

Директор ТЦЯИ Моджтаба Тахерзаде получил ученую степень кандидата наук в Университете Калифорнии в 1964 г., стал гражданином США и долгое время работал в интересах американского военно-промышленного комплекса⁵¹. В частности, до возвращения в Иран он принимал участие в проекте создания



космических ядерных энергетических установок (*SNAP*)⁵² в стенах компании *Jet Propulsion Laboratory* (примечательно, что в этом же проекте в конце 1950-х гг. принимал участие Джефф Эркенс, совмещая учебу в аспирантуре и работу в компании *Aerogjet-General-Nucleonics, AGN*). В ходе телефонного разговора Тахерзаде пригласил американского ученого за счет иранской стороны посетить Тегеран и обсудить возможность сотрудничества.

Иранский проект Джеффа Эркенса

Джефф запросил согласие со стороны Министерства энергетики США на обсуждение возможного сотрудничества по предложенной им технологии лазерного обогащения урана с Организацией по атомной энергии Ирана. Департамент секретности и Офис перспективного разделения изотопов Министерства энергетики США выступили с возражениями. Однако после консультаций со своим юристом Эркенс направил в Министерство энергетики просьбу приостановить процедуру рассмотрения его заявки, поскольку согласно сделанному по его заказу юридическому заключению, разрешение на проведение консультаций в Тегеране ему не требовалось⁵³.

Осенью 1976 г., взяв на несколько дней отпуск в *AiResearch*, он посетил Тегеран для обсуждения условий сотрудничества с иранскими учеными по развитию технологии лазерного обогащения *LISOSEP*. Визу Эркенс получил прямо в аэропорту иранской столицы, проинформировав, что посещает страну по приглашению ОАЭИ⁵⁴. После прохождения всех формальностей, связанных с пограничным и таможенным контролем, его встретил директор Тегеранского центра ядерных исследований Моджтаба Тахерзаде.

В Тегеране Эркенс провел переговоры с руководящим составом иранской атомной программы, включая президента ОАЭИ Акбара Этемада, директора ТЦЯИ Моджтабу Тахерзаде, руководителя Отдела лазерных технологий ТЦЯИ Эхсанолла Зиаи, который впоследствии стал одним из главных партнеров Эркенса по переговорам⁵⁵. Подавляющее большинство ученых, принимавших участие в беседах, получили образование в США и свободно говорили по-английски, поэтому между ними и Эркенсом не существовало языкового барьера. Зиаи получил образование в Университете Южной Калифорнии (США), но вернулся в Иран и приступил к работе в ТЦЯИ, когда шахом было объявлено о начале масштабных работ в области развития ядерных технологий. В ходе пребывания в Иране Джефф ознакомился с научно-исследовательской базой, а также учеными Тегеранского центра ядерных исследований, в частности, посетил лаборатории ТЦЯИ и исследовательский реактор *TRIGA*⁵⁶, построенный по проекту американской компании *General Atomics*. Столица Ирана произвела на Джеффа впечатление динамично развивающегося города - повсюду велись строительные работы, возводились новые офисные здания под размещение представительств транснациональных корпораций. По приглашению одного из сотрудников ТЦЯИ, в концертном зале им. Рудаки он посетил Тегеранскую оперу, которая произвела на него большое впечатление⁵⁷.



Основным результатом визита Эркенса в Иран стали принципиальное согласие ОАЭИ профинансировать дальнейшие работы по разработке технологии лазерного разделения изотопов *LISOSEP* и договоренность о создании в рамках Отдела лазерных технологий ТЦЯИ лаборатории по лазерному обогащению урана на основе разработанной Джеффом технологии. Планировалось, что дальнейшие работы будут вестись параллельно в Иране и США, при этом всего будет произведено шесть экспериментальных установок по лазерному обогащению (основными элементами которых являются лазерная система, оптическое оборудование и реакционная камера), четыре из которых будут поставлены в ТЦЯИ, а две – размещены в лаборатории компании *Lischem* в Калифорнии. Согласно расчетам автора технологии, которые, однако, не были проверены экспериментально перед подписанием контракта с Тегеранским центром, каждая из четырех установок в рамках предложенной схемы была способна ежедневно максимально производить до 1 кг урана с обогащением 5%, используя природный уран (обогащение – 0,71%) в качестве исходного материала^{58,59}. По мнению Эркенса, наличие «параллельной» лаборатории в США значительно бы упростило при реализации проекта доступ к необходимому высокотехнологичному оборудованию.

В качестве задачи проекта представители ТЦЯИ ставили совершенствование технологии лазерного разделения изотопов урана *LISOSEP* в целях повышения ее эффективности, и формирование предпосылок для создания на ее основе в долгосрочной перспективе промышленного предприятия по обогащению урана для производства ядерного топлива энергетических реакторов. Последнее, планировалось, может быть построено в дополнение к мощностям завода по газодиффузионному разделению изотопов в Трикастане (Франция), где Иран имел 10%-ый пакет акций⁶⁰. В докладе Офиса по технологической оценке Конгресса США от июня 1977 г. в долгосрочной перспективе Иран рассматривался как потенциальный экспортер услуг по обогащению урана⁶¹.

После возвращения в Калифорнию Эркенс рассказал о результатах своих переговоров в Тегеране руководству *AiResearch* и предложил совместную реализацию достигнутых с иранцами договоренностей на базе компании, что позволило бы использовать уже имеющуюся инфраструктуру, а также приборный парк. Однако эта идея, как и факт переговоров в Иране, были негативно восприняты работодателями Джеффа. Компания отказалась от использования для дальнейших работ по лазерной тематике финансирования, предложенного Организацией по атомной энергии Ирана. При этом, согласно заключению Главного контрольного управления США, сделанному в 1980 г., Джефф Эркенс не нарушил каких-либо положений законодательства США, посетив Тегеран и проведя переговоры в ОАЭИ⁶².

Результаты беседы в *AiResearch* еще раз убедили Эркенса в необходимости учреждения собственной компании. 24 ноября 1976 г. в Майами, шт. Флорида, им совместно с коллегой Титусом Нельсоном, который был заинтересован в производстве лазеров для бытовых нужд, главным образом, лазерной гравировки, была зарегистрирована компания *Lischem*, названием которой стала



аббревиатура от *Laser Isotope Separation and Chemistry* (химия и лазерное разделение изотопов)⁶³. Фактически она располагалась в небольшом промышленном помещении г. Лондэйл, шт. Калифорния, недалеко от Международного аэропорта Лос-Анджелеса и в нескольких километрах от *AiResearch*, где Эркенс продолжал работать до апреля 1977 г. Средства на учреждение компании помог собрать уже упоминавшийся предприниматель Дон Ватсон. Последний нашел во Флориде 6 частных инвесторов, которые согласились вложить в компанию 50 тыс. долл. США, получив соответствующую долю в акционерном капитале компании, а также вложил собственные средства. В октябре 1976 г. Эркенс собрал группу из 6 ученых и инженеров, в основном, ранее уже работавших с ним, которые несколько недель позднее стали первыми сотрудниками *Lischem*.

Весной и летом 1977 г. Эркенс и директор ТЦЯИ Моджтаба Тахерзаде дважды встречались в Лос-Анджелесе, недалеко от которого проживал Джефф, чтобы обсудить детали создания в Иране лаборатории по лазерному обогащению урана.

В рамках состоявшихся встреч стороны достигли трех принципиальных договоренностей. Во-первых, стороны договорились о реализации проекта в два этапа. В рамках первого - производство и доставка в Иран необходимого оборудования: четырех лазерных установок на основе монооксида углерода (модель *LCL-516*, мощность - 25 Вт) и четырех реакционных камер (модель – *LCR-350*). Среди согласованных требований – изготовление реакционных камер из специальных коррозионно-стойких материалов, которые позволяли бы осуществлять работу с галогеновыми газами, и специальная конструкция установки, которая бы позволяла ее быстрый демонтаж в случае необходимости⁶⁴.

В рамках второго этапа предусматривалось, что Эркенс выедет в Тегеран вместе с оптическим оборудованием (размеры и масса позволяли его перевозить в ручной клади), где окажет техническую помощь в монтаже установок, их отладке и в течение двух лет – в эксплуатации. Планировалось, что Джефф переедет в Иран вместе с семьей⁶⁵. Общая сумма соглашения составила около 2,35 млн. долл., из которых стоимость оборудования - 630 тыс. долл.⁶⁶. Стоимость услуг и оборудования была зафиксирована на основании каталога, предоставленного компанией *Lischem*.

Во-вторых, по предложению Тахерзаде, стороны договорились, что оборудование для лаборатории по лазерному обогащению будет поставляться в Иран через компанию *Gifted*, которая выступит экспортным агентом *Lischem*. Учредителем компании был американо-иранский бизнесмен Наим Перри. Его основным бизнесом являлись инвестиции в недвижимость в Лос-Анджелесе – он был президентом компании *Properties Management and Diversified Development, Inc.* Помимо этого, он вместе с женой являлся учредителем *Gifted, Inc.*, специализирующейся на экспортно-импортных операциях высокотехнологичной продукции и уже имевшей опыт работы в интересах



Организации по атомной энергии Ирана⁶⁷. *Gifted*, в отличие от *Lischem*, также обладала широким опытом в получении в США экспортных лицензий на поставку высокотехнологичного оборудования за рубеж.

Условием сотрудничества со стороны Перри был выкуп всех акций *Lischem* у инвесторов из Флориды. Шесть акционеров компании согласились продать свою долю в *Lischem*, получив 10%-ое вознаграждение менее чем за год с момента сделанных ими вложений. После этого в июле 1977 г. *Lischem* была перерегистрирована в Калифорнии, а Наим Перри получил полный контроль за финансовой деятельностью компании.

Согласно договоренности, расчеты за поставку оборудования должны были осуществляться между Организацией по атомной энергии Ирана и компанией *Gifted*. Документами, регулирующими сотрудничество сторон, служили предварительный счет-фактура за номером 4080 от 6 июля 1977 г., выставленный американской компанией в адрес ОАЭИ, и безотзывный аккредитив № 08/92282 от 15 ноября 1977 г., выпущенный Центральным банком Ирана (Банком Маркази) по поручению ОАЭИ⁶⁸. В свою очередь, *Gifted* заключила субконтракт с *Lischem* на производство оборудования. Позднее было принято два дополнения к выпущенному аккредитиву. Согласно первому – срок его действия продлевался до 15 ноября 1978 г., согласно второму – поставка оборудования осуществлялась двумя партиями (два комплекта оборудования с первой партией и два комплекта – со второй)⁶⁹.

В-третьих, иранская сторона была заинтересована в получении лазеров, способных генерировать свет с длиной волны 16 микрон, идеально подходящих для использования при лазерном методе обогащения урана. Именно производство таких лазеров предусматривалось предварительным соглашением, достигнутым в Тегеране⁷⁰. Однако Эркенс вынужден был признать, что на тот момент производство лазеров с запрошенной длиной волны технологически было невозможно. Поэтому еще одной договоренностью, по предложению Джеффа, стало использование в каждой из установок схемы получения заданных характеристик за счет применения лазеров на основе монооксида углерода мощностью 25 Вт⁷¹, способных испускать свет длиной волны 5 микрон, и преобразователя на основе тетрафторида углерода. Такая комбинация позволяла получать излучение с искомой длиной волны в 16 микрон, при которой достигается наибольшая эффективность процесса разделения изотопов урана. При этом согласованные лазеры имели возможность перезаполнения рабочего материала – монооксида углерода – на иной газ, изменяя тем самым характеристики лазера при необходимости⁷².

Эркенс повторно посетил Тегеран в начале 1978 г., чтобы согласовать самые последние детали своей работы в ТЦЯИ в рамках оказания технической помощи по монтажу и эксплуатации поставляемых экспериментальных установок по лазерному обогащению урана, а также решить организационные вопросы, связанные с переездом его семьи в иранскую столицу, включая вопросы проживания и выбора школы для детей в Тегеране⁷³.



Лицензирование экспорта лазерного оборудования в Иран

7 февраля 1978 г. *Gifted* подала документы в Министерство торговли США на получение экспортной лицензии на поставку четырех лазеров и сопутствующего оборудования в Иран. В соответствии с требованием законодательства США заявка содержала информацию о планируемом назначении поставляемого оборудования, в качестве которого было указано «лабораторные исследования физики плазмы». Поскольку к экспорту готовилась экспериментальная установка по обогащению урана, технология которой не была засекречена Министерством энергетики США, то в компании было принято решение задекларировать ее более широкое применение в целях упрощения процедуры и сокращения сроков получения экспортной лицензии. Представленные в заявке на лицензию материалы не содержали информации, что конечной целью заявленного к экспорту оборудования является обогащение урана⁷⁴. Это способствовало рассмотрению вопроса выдачи лицензии в упрощенном порядке, минуя более интрузивные процедуры и необходимость ее персонального одобрения со стороны министра энергетики США (в то время – Джеймса Шлезингера). В заявке на выдачу экспортной лицензии также не указывалась мощность поставляемых лазеров⁷⁵.

В период рассмотрения заявки компании *Gifted* в США был принят Закон о нераспространении, который усиливал контроль за экспортом технологий, потенциально применимых для создания ядерного оружия⁷⁶. В частности, Закон обязывал Министерство торговли и Министерство энергетики США передать заявку на получение лицензии на рассмотрение межведомственной комиссии, включающей в себя специалистов Государственного департамента, министерств обороны, торговли и энергетики, Агентство по контролю над вооружениями и разоружению и Комиссию по ядерному регулированию, в случае если возникали сомнения при вынесении заключения.

Заявка *Gifted*, согласно установленной процедуре, была переправлена в Министерство энергетики США, эксперт которого после ее рассмотрения 14 февраля проинструктировал Министерство торговли не выдавать лицензию и направить материалы компании на дополнительное изучение в его ведомство. Сделать это эксперта, по его словам, заставила необычно высокая цена на подобное оборудование⁷⁷.

17 марта 1978 г. Министерство энергетики США направило полученные документы на техническую экспертизу в три свои дочерние структуры: Управление лазерного синтеза, Управление производства передовых систем и материалов и Ливерморскую национальную лабораторию, в которой велись исследования технологии лазерного разделения изотопов в атомарной форме (*AVLIS*). Первые две организации 23 марта и 5 апреля соответственно официально проинформировали об отсутствии возражений в отношении выдачи экспортной лицензии. Представители Ливерморской лаборатории, в свою очередь, запросили недостающие, по их мнению, технические данные об экспортируемых лазерных установках. Однозначной информации в отношении



окончательного заключения лаборатории нет: ответственные лица Министерства энергетики США заявляли, что получили из лаборатории заключение об отсутствии причин для отказа в выдаче лицензии, однако подтвердить эту версию документально не смогли. Представители лаборатории заявляли о том, что никогда не делали официального заключения из-за неполноты предоставленной им технической информации о предмете экспорта.

13 июня 1978 г. Министерство энергетики США на основании заключений, сделанных профильными подразделениями ведомства, направило в Министерство торговли рекомендацию о предоставлении запрошенной лицензии. 20 июня Министерство торговли выдало компании *Gifted* лицензию на экспорт в Иран четырех лазерных установок и вспомогательного к ним оборудования для использования в научных исследованиях в области физики плазмы⁷⁸.

Автору не удалось найти однозначного ответа на вопрос, почему заявка компании *Gifted* была удовлетворена, несмотря на то, что ранее представители Министерства энергетики США возражали против начала переговоров Джеффа Эркенса с руководством ОАЭИ по данной тематике. Скорее всего, можно говорить о комплексе факторов, которые определили принятое решение, включая коммерческий, политический и технологический, а также несовершенство процесса рассмотрения заявок на получение экспортных лицензий.

США и Иран вели сложные многолетние переговоры о заключении межправительственного соглашения о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии (ныне называемого – Соглашение 123), которое в итоге было парафировано 10 июля 1978 г.⁷⁹. Одним из наиболее трудных в ходе консультаций был вопрос развития Ираном чувствительных стадий ядерного топливного цикла на своей территории. Большие надежды на емкий иранский рынок возлагали компании американской атомной промышленности, которые также рассматривали Иран в качестве потенциального крупного инвестора, в том числе в рамках проектов, связанных с созданием новых предприятий по обогащению урана⁸⁰. Так, *Westinghouse* рассчитывала при поддержке со стороны правительства к 1982 г. увеличить долю США в мировом экспорте АЭС до 75%⁸¹. Компания планировала построить в Иране 6-8 энергетических реакторов⁸². 30 июня 1974 г. ОАЭИ и Комиссия по атомной энергии США заключили два предварительных контракта на поставку ядерного топлива⁸³. В этом контексте отказ в выдаче лицензии на поставку лазерного оборудования мог осложнить ход переговоров и перспективы американских компаний на иранском рынке, на котором уже приступили к работе немецкая *Siemens* и французская *Framatom*. Ряд американских правительственных экспертов рассматривали поставку из США в Иран чувствительных технологий и материалов, в частности, высокообогащенного урана, в контексте укрепления репутации США в качестве надежного ядерного экспортера и возможного дополнительного аргумента в пользу подписания Тегераном многомиллиардных контрактов на строительство АЭС именно с американскими компаниями⁸⁴.



Помимо этого, в условиях обострившейся внутривосточной обстановки в Иране и роста массовых антишахских выступлений, в то время как шах рассматривался США в качестве ключевого союзника в регионе Персидского залива, администрации президента Картера было важно продемонстрировать неизменность своей поддержки Мохаммеда Резы Пехлеви и его режима, чтобы окончательно не подорвать и без того слабеющие позиции иранского монарха⁸⁵. Возможный отказ в экспортной лицензии, в случае придания этого факта широкой огласке, мог рассматриваться сторонниками и противниками режима в Иране как ослабление лояльности шаху со стороны Белого дома и готовность к сотрудничеству с оппозиционными силами. Этот аргумент принимался во внимание в США при рассмотрении, после начала турбулентных процессов внутри Ирана, целесообразности практических действий по вывозу с Тегеранского исследовательского реактора свыше 5 кг урана с обогащением 93%, имевшего американское происхождение⁸⁶.

Вероятно, на решение о выдаче лицензии и положительное заключение профильных подразделений Министерства энергетики США также повлиял широкий скепсис в США в отношении возможности практического использования лазерной технологии для разделения изотопов урана. Так, в 1973-1974 гг. Комиссией по атомной энергии США было принято решение, что информация о первых работах и достижениях Джеффа Эркенса в стенах компании *AiResearch* в области лазерного обогащения молекулярным методом не подлежит засекречиванию. В конце 1990-х гг., когда вновь появилась информация об интересе Ирана к закупкам лазерного оборудования в целях разделения изотопов урана, большинство американских специалистов снисходительно относились к возможным работам иранских ученых в области лазерного обогащения, рассматривая их в качестве пустой траты средств и времени, а лазерное обогащение - в качестве тупикового метода с точки зрения разделения изотопов урана⁸⁷.

Кроме того, согласно выводам доклада Главного счетного управления США от 17 марта 1980 г., изучение Министерством энергетики заявки компании *Gifted* на получение экспортной лицензии не было достаточно глубоким и всеобъемлющим. В частности, в документе отмечалось, что Министерство не запросило у заявителя необходимой дополнительной информации, включая мощность поставляемых лазерных установок, а также не обратилось к производителю оборудования – *Lischem* за уточнением конечного назначения производимых им установок⁸⁸. Кроме того, рекомендация в адрес Министерства торговли США о предоставлении лицензии компании *Gifted*, видимо, была сделана до получения заключения из Ливерморской национальной лаборатории, куда для проведения технической экспертизы была направлена заявка. Решение о выдаче лицензии принималось без привлечения специалистов Лос-Аламосской национальной лаборатории, являвшейся головной организацией по изучению молекулярного метода лазерного обогащения в США. Министерство энергетики США также не смогло выявить, что учредитель компании *Lischem* Джефф Эркенс ранее принимал участие в секретных программах правительства США по разработке центрифужного метода обогащения урана⁸⁹.



«Бурлящий» Иран: доставка лазерного оборудования

Экономическая и внутривластная ситуация в Иране значительно изменилась со времени последней поездки Эркенса в Тегеран в начале 1978 г. к моменту получения *Gifted* экспортной лицензии.

В стране снежным комом нарастал политический и экономический кризис. Широкие слои населения, считавшие иранскую нефть своим национальным богатством, в повседневной жизни не видели заметных перемен к лучшему, несмотря на многократный рост нефтяных доходов страны⁹⁰. Чудовищных масштабов достигла коррупция, в том числе, в высших эшелонах власти. Росло недовольство существующим режимом, большинство иранцев стали выступать за кардинальные перемены. В 1978 г. вследствие растущей инфляции, падения реальных доходов населения и широкого недовольства социальной политикой режима страна погрузилась в непрекращающуюся волну протестов. С мая-июня 1978 г. в стране начались открытые выступления против режима шаха Пехлеви, которые переросли в уличные беспорядки в Тегеране и других городах Ирана⁹¹. 8 сентября в Тегеране и еще 11 городах страны было введено военное положение. В район столичного международного аэропорта «Мехрабад» для усиления мер безопасности и повышения надежности охраны объектов его инфраструктуры были введены танки. Массовые антишахские выступления окончательно парализовали страну в сентябре-октябре 1978 г.⁹². 16 января 1979 г. после безуспешных попыток сохранить власть Мохаммед Реза Пехлеви покинул Иран⁹³.

Но еще за год до этого события в связи со значительным дефицитом бюджета был запущен процесс пересмотра программы диверсификации энергетической базы, введен мораторий на заключение новых контрактов на строительство АЭС⁹⁴, за которым последовала и отмена ранее законтрактованных проектов в ядерной сфере. В конце 1978 г. были заморожены работы по созданию Исфahanского центра ядерных технологий, которые осуществлялись при содействии французских специалистов. В январе 1979 г. было объявлено о разрыве контракта на строительство реакторов в Дарховине с французской компанией *Framatome* в связи с отсутствием необходимых финансовых средств, а в июле того же года немецкая компания *Siemens* приостановила работы на Бушерской АЭС в связи с задолженностью Ирана по ранее выполненным работам. В сентябре 1978 г. свой пост покинул президент Организации по атомной энергии Ирана Акбар Этемад, а ОАЭИ потеряла независимый статус, перейдя в подчинение Министерству энергетики страны⁹⁵. 8 ноября был арестован Амир Аббас Ховейда, многолетний премьер-министр страны и один из главных «сподвижников» атомной энергетики в руководстве Ирана⁹⁶.

В июле 1978 г. в Государственном департаменте США в рамках профильного управления было сделано заключение о неизбежности потери власти шахом Ирана; в октябре 1978 г. внешнеполитическим ведомством США было принято решение об установлении контактов с Хомейни и его сторонниками в Париже. При этом, ряд высокопоставленных руководителей США, включая Збигнева



Бжезинского, советника по национальной безопасности президента Картера, продолжали рассматривать различные сценарии сохранения шахского режима вплоть до начала декабря.⁹⁷

Вскоре после получения экспортной лицензии в июне 1978 г., *Gifted* проинформировала представителей Организации по атомной энергии Ирана, что оборудование готово к отправке, и запросило направить двух специалистов для аттестации лазеров, что было предусмотрено соглашением сторон. Однако в ОАЭИ уже не было интереса к лаборатории по лазерному обогащению урана. Иранская сторона запросила *Gifted* отказаться от реализации соглашения и поставки оборудования⁹⁸. Чтобы формально выполнить все свои обязательства по соглашению и вернуть вложенные в проект средства, американская компания пригласила в качестве независимого эксперта профессора в области электрической инженерии из Университета Южной Калифорнии. Измерения последнего мощности произведенных лазеров показали – 26 Вт (согласно соглашению, мощность должна была составить не менее 25 Вт)⁹⁹. 8 ноября, т.е. в тот же день, когда в Иране был арестован бывший премьер-министр страны Ховейда¹⁰⁰, и за неделю до истечения срока действия аккредитива, выпущенного Национальным банком Ирана по поручению ОАЭИ, два комплекта оборудования, состоявшие из лазерной установки и реакционной камеры каждый, упакованные для транспортировки в 8 кейсах¹⁰¹, общим весом более 3 тонн, были отправлены в Иран самолетом авиакомпании *Iran Air* (еще два комплекта оборудования были отправлены позднее)¹⁰².

Всего, согласно имеющимся данным, было произведено «пять с половиной» комплектов, а именно – пять лазерных систем и шесть реакционных камер, из которых четыре комплекта (лазер + реакционная камера) были поставлены в Иран, а еще «полтора» позднее были смонтированы в Калифорнии в лаборатории компании *Lischem*¹⁰³.

После начала массовых выступлений в Иране Государственный департамент США рекомендовал своим гражданам воздержаться от поездки в Иран в связи с угрозой их безопасности. Джефф Эркенс с ноября 1978 г. вместе с семьей находился в Нидерландах, где ожидал нормализации обстановки в Иране. С ним находилось оптическое оборудование для установок по лазерному обогащению урана. После четырех месяцев ожидания и отъезда шаха из Ирана, Эркенс был вынужден вернуться в Калифорнию. Новое руководство Ирана не проявляло интереса к продолжению работ в области развития ядерных технологий. Джефф безуспешно пытался связаться с Тахерзаде, чтобы выяснить судьбу оборудования, отправленного в Тегеран. Бывший глава ТЦЯИ покинул Иран, вылетев через Турцию в США. Во Францию иммигрировал бывший президент Организации по атомной энергии Ирана Акбар Этемад¹⁰⁴.

Трибунал по претензиям между Ираном и США: «лазерное» дело

После отгрузки оборудования в Иран возник вопрос оплаты, т.к. *Gifted* считал свои обязательства по соглашению выполненными. Новое руководство Ирана



отказывалось признавать аккредитив, выпущенный Национальным банком страны при прежнем режиме. Компания *Gifted* вместе с *Lischem* обратились в Международный суд в Гааге. Стороны предпринимали попытку разрешить финансовые споры в досудебном порядке – в Лондоне состоялась встреча с участием представителей *Gifted*, адвокатов компании и Джеффа Эркенса - с одной стороны и Организации по атомной энергии Ирана – с другой. Однако предложение иранской стороны – выплата 10% от стоимости поставленного оборудования - компанию не устроило¹⁰⁵. Другой вариант, предлагавшийся иранской стороной – возврат оборудования поставщику в США - также был отвергнут американской компанией¹⁰⁶. Дело было передано в Трибунал по претензиям между Ираном и США, учрежденный в 1981 г. в соответствии с Алжирскими соглашениями с целью урегулирования претензий с участием указанных государств и их физических или юридических лиц¹⁰⁷.

Суд отказался рассматривать компанию *Gifted* в качестве заявителя, т.к. более 50% ее акций принадлежали негражданам США, таким образом ее иск не подпадал под юрисдикцию Трибунала. Заявителем выступила *Lischem*. В результате судебного разбирательства, которое проходило в Гааге, под председательством трех судей из Голландии, Ирана и США, Трибунал удовлетворил претензию американской стороны, сделав заключение, что она выполнила свои обязательства по контракту, и обязал ОАЭИ выплатить *Lischem* полную стоимость контракта в размере 630 тыс. долл., а также пени из расчета 12% годовых, начиная с даты истечения срока действия гарантийного письма. Решение было принято 22 июня 1984 г., т.е. более чем 5,5 лет после отгрузки оборудования. Выплата осуществлялась из средств специального пополняемого Страхового фонда, образованного Ираном и США в Центральном банке Нидерландов при учреждении Трибунала. С иранской стороны из специалистов, кто проводил переговоры с Джеффом Эркенсом в 1976-1978 гг., в слушаниях дела принимали участие руководитель Отдела лазерных технологий ТЦЯИ Эхсанолла Зиайи, а также эксперт отдела Реза Мосави¹⁰⁸.

В письменном заключении суда один из трех председательствующих на процессе судей отметил, что существуют серьезные признаки наличия мошенничества и коррупции в рамках соглашения, заключенного между *Gifted* и Организацией по атомной энергии Ирана. Однако его коллеги-судьи на процессе высказались против проведения специального расследования в этой связи. Подозрительно высокую цену на предмет экспорта компании *Gifted* в Иран отмечал представитель Министерства энергетики США, рассматривавший заявку компании на получении экспортной лицензии¹⁰⁹. Два бывших инженера компании *Lischem* также показали, что соглашение между *Gifted* и ОАЭИ предусматривало наличные выплаты представителям иранской стороны за ускорение процесса перевода денег на счета компании¹¹⁰. Однако юридического развития эти обвинения не получили. Наим Перри, учредитель компании *Gifted*, подобные обвинения отрицал.

Необходимо отметить, что в связи с решением Трибунала представляется неточной формулировка, изложенная в Докладе генерального директора



МАГАТЭ «Осуществление Соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО и соответствующих положений резолюций» от 10 ноября 2003 г. В последнем отмечается, что выполнение контракта «было прекращено». Корректнее говорить о том, что сотрудничество между компаниями *Gifted* и *Lischem* с одной стороны и ОАЭИ – с другой после поставки оборудования не получило дальнейшего развития, как это планировалось, поскольку заключение Международного суда однозначно - контрактные обязательства американскими поставщиками были выполнены¹¹¹.

Лазерное обогащение в Иране после Исламской революции

Поставленное компанией *Gifted* оборудование из-за отсутствия интереса у нового руководства страны к продолжению работ в ядерной области находилось на таможене столичного аэропорта, согласно имеющимся данным, более полугода, по крайней мере, до лета 1979 г. Затем оно было перевезено в место назначения – Тегеранский центр ядерных исследований, однако и там продолжало храниться в транспортной упаковке до конца 1983 г.¹¹² Только в середине 1980-х гг., спустя более 5 лет после поставки, когда в Иране было принято решение возобновить работы в ядерной области и исследования в области обогащения урана, специалисты ТЦЯИ предприняли попытку смонтировать оборудование. Иран пытался самостоятельно «произвести» неподоставленные компоненты, однако, насколько известно, без большого успеха¹¹³.

После вспыхнувших массовых протестов в Иране в 1978 г. и особенно после отъезда Мохаммеда Резы Пехлеви из страны в начале 1979 г. целый ряд стран, сотрудничавших с шахским режимом в военных технологиях и технологиях двойного назначения, предприняли усилия по эвакуации соответствующего оборудования, документации, советников и специалистов. Согласно имеющимся данным, в июне 1978 г. Иран покинули израильские инженеры, задействованные в совместном проекте *Flower* по созданию ракеты класса «земля-земля»¹¹⁴; по данным израильских экспертов, также была вывезена вся основная документация, связанная с совместной работой специалистов двух стран¹¹⁵. Правительству США удалось достичь договоренности с переходным правительством Ирана о снятии с ранее поставленных истребителей четвертого поколения *F-14* чувствительного электронного оборудования в обмен на обязательство возобновить поставки запасных частей для самолетов в октябре 1979 г.¹¹⁶ В Вашингтоне изучался вопрос вывоза топлива на основе ВОУ американского происхождения с исследовательского реактора Тегеранского центра ядерных исследований.

Однако насколько известно, Правительство США не предпринимало усилий по вывозу из Ирана оборудования для лаборатории по лазерному обогащению урана, поставленного американской компанией *Gifted*, несмотря на критику соответствующей поставки со стороны отдельных экспертов Агентства по контролю над вооружениями и разоружению США и национальных ядерных лабораторий страны¹¹⁷.



После возобновления работ по лазерному методу обогащения урана в качестве приоритетного в Иране была выбрана технология разделения изотопов в атомарной форме (*AVLIS*) на основе оборудования, полученного из Германии и Китая^{118,119}. Большие средства стали инвестироваться именно в эту технологию¹²⁰, в частности, во второй половине 1990-х гг. Иран обратился к российским исследовательским институтам, производящим лазерное оборудование¹²¹, а также к компаниям из Франции и ЮАР¹²². Кроме того, Иран закупил в Австралии масс-спектрометры, которые позднее использовались для измерений изотопного обогащения в рамках лазерной программы^{123,124}. По словам Джеффа Эркенса, новое руководство иранской атомной промышленности, к нему с предложением о возобновлении сотрудничества по молекулярному методу лазерного разделения изотопов никогда не обращалось.

При содействии Китая в Центре лазерных исследований ТЦЯИ, который, скорее всего, был учрежден на базе Отдела лазерных технологий, были созданы Лаборатория лазерной спектроскопии (ЛЛС) и Комплексная лаборатория разделения (КЛР)¹²⁵, которые исследовали возможность использования метода *AVLIS* для разделения изотопов урана. К слову, в том же корпусе располагалось оборудование, сконструированное Джеффом Эркенсом. Необычно высокое внимание Организации по атомной энергии Ирана к развитию лазерных технологий, их применению в атомной технике и масштабность проводимых работ в соответствующей области по результатам первых контактов с иранскими коллегами отмечал министр по атомной энергетике РФ В.Н. Михайлов¹²⁶. Позднее стало известно, что технологии лазерного разделения изотопов в атомарной форме позволила Ирану обогатить уран до максимального уровня в 13%¹²⁷. При этом соответствующие работы не были должным образом задекларированы перед МАГАТЭ.

В мае 2004 г. вскоре после начала расследования Международным агентством по атомной энергии ранее незадекларированной ядерной деятельности Исламской Республики, Иран объявил, что программа лазерного обогащения урана полностью была прекращена, а соответствующее оборудование демонтировано в мае 2003 г. и перевезено на склад в Центр ядерных исследований в интересах медицины и сельского хозяйства в Кередже¹²⁸. Позднее последний факт был подтвержден в ходе визита инспекторов Агентства. 7 февраля 2010 г. президент Ирана Махмуд Ахмадинежад заявил, что Иран овладел технологией лазерного обогащения урана. По состоянию на июль 2012 г. иранской стороной не было предоставлено официального пояснения данного заявления¹²⁹. В то же время Иран подтвердил, что продолжает работы в области лазерной техники¹³⁰.

В отношении оборудования, поставленного компанией *Gifted*, иранская сторона заявила, что из-за поставки неполного комплекта лаборатория по лазерному обогащению урана на основе молекулярного метода (*MLIS*) «не была полностью введена в эксплуатацию»¹³¹. В октябре 2003 г. специалисты МАГАТЭ имели возможность осмотреть помещение, где ранее предположительно размещалось оборудование; по словам одного из специалистов Агентства, представленные



реакционные камеры действительно выглядели новыми. По данным того же источника, отбор проб также не выявил следов использования оборудования в экспериментах с урановыми образцами¹³². При этом инспекторы МАГАТЭ не имели возможности подтвердить, что это те самые реакционные камеры, которые были поставлены по контракту с компанией *Gifted*, из-за отсутствия полноценной технической информации о предмете экспорта как со стороны Ирана, так и со стороны США¹³³.

В ходе изучения незадекларированной ядерной деятельности Ирана представители Агентства не имели официальной возможности проинтервьюировать Эркенса (за исключением частных бесед в рамках различных научных Конференций)¹³⁴. Правительство США взяло на себя эту функцию, передав в середине 2000-х гг. МАГАТЭ информацию о сотрудничестве специалиста с Организацией по атомной энергии Ирана¹³⁵. Исследование деятельности Джеффа Эркенса, компаний *Lischem* и *Gifted* на предмет соответствия законодательству США было проведено Федеральным бюро расследований США (ФБР) и Таможенной службой Министерства финансов США еще в начале 1980-х гг.¹³⁶ Результаты этих расследований публично обнародованы не были. Информация о поставках компании *Gifted* оборудования для лаборатории по лазерному обогащению урана была передана в МАГАТЭ более 20 лет спустя.

Параллельно с *AVLIS* в середине 1980-х гг. новое руководство Ирана сделало ставку на центрифужную технологию обогащения урана, которая к тому времени в мировых масштабах была лучше отработана, и помощь в развитии которой оказалась доступной (Иран начал вести соответствующую закупочную деятельность в Пакистане). Именно эта технология использовалась для производства в Иране всего самостоятельно произведенного в значимых количествах и ныне находящегося под гарантиями МАГАТЭ низкообогащенного урана. Центрифужное оборудование также использовалось для производства урана с обогащением в 20% - максимального для Ирана уровня к настоящему моменту¹³⁷.

Технология Джеффа Эркенса: послесловие

Сразу после окончания судебной тяжбы с Организацией по атомной энергии Ирана и получения причитающихся средств, Наим Перри отказался от дальнейшего сотрудничества с *Lischem*. Джефф Эркенс продолжил заниматься исследованием лазерного метода разделения тяжелых изотопов с привлечением частного капитала. На одной из выставок лазерного оборудования он познакомился с Диком Грио, владельцем крупного производителя оптического и лазерного оборудования *Melles-Griot*. В 1980 г. компания заключила с *Lischem* соглашение о стратегическом партнерстве, которое предусматривало финансирование продолжения работ Эркенса.

В 1985 г. это сотрудничество получило новое развитие - Грио выкупил *Lischem* и права на соответствующие патенты у Джеффа, учредив новую компанию



Isotope Technologies Inc. (ITI). Эркенс получил 30% акций компании. Основной задачей *ITI* была разработка технологии лазерного обогащения урана, которая могла быть конкурентоспособна в промышленных масштабах. Технология *LISOSEP* была переименована в *CRISLA*¹³⁸. Новая компания занялась поиском крупного инвестора.

Одним из рынков, где традиционно работала *Melles-Griot*, являлась Австралия. Именно там Дик Грио познакомился с Майклом Голдсуорси, учредителем и президентом компании *Silex*¹³⁹, которая также вела разработки лазерного метода разделения изотопов урана. Голдсуорси посетил Лос-Анджелес и лабораторию *ITI* по лазерному разделению изотопов, между компаниями в 1988-1990 гг. был налажен информационный и научный обмен. Велись переговоры об объединении бизнесов и регистрации совместной компании в Калифорнии, юристами *Silex* и *ITI* были подготовлены соответствующие документы, однако за два дня до их подписания Дик Грио отказался от заключения сделки, получив информацию от одного из своих агентов в Сиднее об ограниченных финансовых возможностях австралийской компании и ее неспособности инвестировать собственные средства в совместные работы¹⁴⁰. Пути *Silex* и Джеффа Эркенса разошлись. Австралийская компания стала широко известна почти 20 лет спустя, в 2007 г., когда подписала эксклюзивное соглашение с *General Electrics* на коммерциализацию своей технологии лазерного обогащения.

В 1990 г. *Isotope Technologies Inc.* удалось найти крупного инвестора. Было создано совместное предприятие с канадской корпорацией *Cameco*, крупнейшим на тот момент производителем урана в мире. Лаборатория *ITI* была перевезена из Лос-Анджелеса и размещена в г. Саскатун, провинции Саскачеван, где расположена штаб-квартира канадской корпорации. Сотрудничество с *Cameco* прекратилось после трех лет работ, в 1993 г., когда в результате падения «железного занавеса» на рынке появились большие объемы низкообогащенного урана из России¹⁴¹. *Cameco* сочла более перспективным направлением развития бизнеса выступать трейдером российского урана (чего в конечном счете не произошло), чем продолжать инвестировать в новую обогатительную технологию¹⁴². В 1993 г. на заседании Совета директоров корпорации четырьмя голосами против трех была отвергнута трехлетняя программа дальнейшего развития технологии *CRISLA* стоимостью 50 млн. долл.¹⁴³.

Все оборудование лаборатории по лазерному обогащению урана на основе технологии *CRISLA*, смонтированное в *Cameco*, было возвращено компании *ITI*. Дик Грио, отошедший к тому времени от дел, принял решение передать его своей *alma mater* – Университету Миссури. Джефф Эркенс впервые с момента переезда в США в 1950 г. вынужден был покинуть Калифорнию и перебраться вслед за своей установкой в шт. Миссури. Возвращение состоялось более 10 лет спустя, когда завершив работу в Университете в качестве приглашенного профессора, он переехал назад в Калифорнию вместе со своей лабораторией.



На изобретения, связанные с лазерным методом разделения изотопов урана, а также в других областях Джеффу Эркенсу было выдано более 15 патентов, сроком на 17 лет каждый (большинство из них истекли к настоящему моменту)¹⁴⁴. В 1995 г. он издал 728-ми страничную книгу «Лазерное разделение изотопов», которую в американской торговой сети *WalMart* можно было приобрести по цене 95,40 долл. США¹⁴⁵. Сейчас книга доступна в электронном книжном магазине *Amazon.com* по цене 114 долл. США.

В настоящее время первая часть (4 комплекта) оборудования для лаборатории по лазерному обогащению урана, произведенного Джеффом Эркенсом в рамках сотрудничества с Организацией по атомной энергии Ирана, продолжает храниться в Центре ядерных исследований в интересах медицины и сельского хозяйства в Кередже, его вторая часть – полтора «комплекта» (лазерная установка, оптические системы и две реакционные камеры) - складирована Эркенсом недалеко от Сан-Франциско, шт. Калифорния. По иронии судьбы перед возвращением в Калифорнию это оборудование хранилось на складских помещениях Колледжа сельского хозяйства (структурного подразделения Университета Миссури). В рамках новой компании – *Prodev Consultants* - Джефф Эркенс продолжает искать возможности для совершенствования своей технологии *CRISLA*, которая, по его мнению, может составить конкуренцию технологии по разделению изотопов урана *Silex*, над коммерциализацией которой совместно ведут работы гиганты атомной промышленной *GE-Hitachi* и *Cameco*. По мнению Эркенса, его «План Б», т.е. технология *CRISLA*, принципы которой он продемонстрировал в ходе серии экспериментов в 1986 г.¹⁴⁶, может производить уран реакторного обогащения (3-5%) за 2 цикла в отличие от 5-10 циклов, которые сегодня используются при центрифужном процессе, а необходимый объем первичных инвестиций составляет 2 млн. долл. США¹⁴⁷.

Примечания:

¹ Сегодня слово «лазер» столь плотно вошло в повседневную жизнь, что мало кто помнит, что оно является аббревиатурой от английского *'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation'* (усиление света в результате вынужденного излучения).

² Кикоинские чтения: о лазерном обогащении урана. *AtomInfo.Ru*. 2009, 3 апреля. <http://www.atominfo.ru/news/air6210.htm> (последнее посещение - 21 июня 2012 г.).

³ Hargrove Steven. Laser Technology Follow in Lawrence's Footsteps. *Science and Technology Review*. <https://www.llnl.gov/str/Hargrove.html> (последнее посещение - 21 июня 2012 г.).

⁴ Интервью с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, Вашингтон, США, 10 июля 2012 г.

⁵ Доклад Генерального директора МАГАТЭ. Осуществление соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО и соответствующих положений резолюций 1737 (2006) и 1747 (2007) Совета Безопасности в Исламской Республике Иран. Док. GOV/2007/58. 15 ноября 2007 г. С. 2.

⁶ Доклад о проделанной работе, Организация по атомной энергии Ирана, октябрь-декабрь 1975 г. Цит. по Mark Gorwitz. The Iranian Nuclear Program – Laser Isotope Separation Early History and Its Current Implications. P. 3. 1995, December 15. CNS Washington Office Archives.

⁷ Интервью с Джеффом Эркенсом, Париж, Франция, 5 июня 2012 г.; телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 10 июля 2012 г. По словам Эркенса, на его вопрос, адресованный директору Тегеранского центра ядерных исследований Моджтаба Тахерзаде, последний



ответил, что гексафторид для работы с технологией *MLIS* будет получен через сотрудничество с ЮАР, о чем есть соответствующая договоренность.

⁸ По словам Энди Ллойда, директора по развитию уранового бизнеса компании *Rio Tinto*, которая сегодня владеет рудником *Rossing*, Иран, несмотря на то, что иранское правительство в лице *Iranian Foreign Investment Company* до сих пор сохраняет долю в месторождении, по состоянию на 2011 г. не получал продукцию с рудника. См. «*Rio Tinto* открыта к сотрудничеству с АРМЗ и будет рада возможности поработать вместе». *Ядерный клуб*. 2011, №2. С. 32.

⁹ Доклад о проделанной работе, Организация по атомной энергии Ирана, октябрь-декабрь 1975 г. Цит. по Mark Gorwitz. The Iranian Nuclear Program – Laser Isotope Separation Early History and Its Current Implications. P. 2. 1995, December 15. CNS Washington Office Archives.

¹⁰ Reza Khonsari Mosavi, Laser Technology Division, Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran, Iran, 'Laser Technology Transfer', Proceedings of the Conference on the Transfer of Nuclear Technology, Persepolis/Shiraz, Iran, April 10-14, 1977, Vol. 1, P. 316.

¹¹ Масштабное сотрудничество между Массачусетским технологическим институтом (MIT) и ведущими техническими университетами Ирана было начало в 1974 г.

¹² Телефонное интервью с Джеффом Эркеном, 10 июля 2012 г.

¹³ Reza Khonsari Mosavi, Laser Technology Division, Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran, Iran, 'Laser Technology Transfer', Proceedings of the Conference on the Transfer of Nuclear Technology, Persepolis/Shiraz, Iran, April 10-14, 1977, Vol. 1. P. 320.

¹⁴ Siavosh Moshfegh Hamadani, Laser Technology Division, Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran, Iran, 'Development of Laser Devices of Interest for Nuclear Applications in Iran: A Case Study of Parallel Technology Transfer', Proceedings of the Conference on the Transfer of Nuclear Technology, Persepolis/Shiraz, Iran, April 10-14, 1977, Vol. 1, P. 316; Доклад о проделанной работе, Организация по атомной энергии Ирана, октябрь-декабрь 1975 г. Цит. по Mark Gorwitz. The Iranian Nuclear Program – Laser Isotope Separation Early History and Its Current Implications. P. 4. 1995, December 15. CNS Washington Office Archives.

¹⁵ Siavosh Moshfegh Hamadani, Laser Technology Division, Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran, Iran, 'Development of Laser Devices of Interest for Nuclear Applications in Iran: A Case Study of Parallel Technology Transfer', Proceedings of the Conference on the Transfer of Nuclear Technology, Persepolis/Shiraz, Iran, April 10-14, 1977, Vol. 1, P. 318.

¹⁶ Gorwitz Mark. The Iranian Nuclear Program – Laser Isotope Separation Early History and Its Current Implications. P. 8. 1995, December 15. CNS Washington Office Archives.

¹⁷ В том же 1960 г. выпускниками магистерской программы Факультета ядерной инженерии Университета Калифорнии в Беркли стали первые иранские специалисты.

¹⁸ Workshop on Laser Enrichment of Uranium, Speaker Biography, Department of Nuclear Engineering, University of California, Berkley. 2009, January 26. <http://www.nuc.berkeley.edu/Colloquiums/2009-1-26> (последнее посещение - 15 июля 2012 г.).

¹⁹ Вопрос, насколько было оправданным применение ядерного оружия против Японии, дискутируется историками, политиками, физиками-ядерщиками уже не одно десятилетие. См., например, Тимербаев Роланд. Насколько оправданным было применение ядерного оружия против Японии? *Ядерный клуб*. 2010, №2. С. 42-44.

²⁰ German's Method Began a Spread of Technology. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 3, 24.

²¹ Eerkens Jeff W. The Nuclear Imperative: A Critical Look at the Approaching Energy Crisis. Second Edition. Springer Science + Business Media B.V., 2010. P. 195.

²² Ibid. P. 195-196.

²³ The Missile Defense Alarm System (MIDAS).

²⁴ The Satellite and Missile Observation System (SAMOS).

²⁵ В результате слияния корпораций *Northrop* и *Grumman* в 1994 г. Корпорация стала называться *The Northrop Grumman*. В настоящее время является крупнейшей американской компанией по производству аэрокосмической и военной техники. Годовой оборот корпорации в 2009-2011 гг. не опускался ниже 26 млрд. долл. в год; в корпорации работает более 70 тыс. сотрудников. См. Годовой отчет корпорации за 2011 г. http://www.northropgrumman.com/pdf/2011_noc_ar.pdf (последнее посещение - 7 июня 2012 г.).

²⁶ В 1968 г. Джефф Эркенс получил соответствующий патент. Проект осуществлялся в интересах Министерства обороны США. Детали работ по созданию лазера с ядерной накачкой,



для которого был использован импульсный исследовательский реактор *TRIGA Mk F*, к настоящему времени раскритичены.

²⁷ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 10 июля 2012 г.

²⁸ В 1975 г. Комиссия по атомной энергии США была расформирована; в 1977 г. было сформировано Министерство энергетики США.

²⁹ Waters Dean A. Chief Scientist and Technical Manager, USEC, Inc. The American Gas Centrifuge: Past, Present, and Future. A Paper Presented to the SPLG Workshop. October 13, 2003. P. 6. <http://www.osti.gov/energycitations/servlets/purl/912770-dBuasR/912770.PDF> (последнее посещение - 11 июня 2012 г.).

³⁰ На годы работы Джеффа Эркенса в корпорации *Garrett* главным образом пришлось тестирование центрифуг, разработанных его компанией и *Union Carbide Corporation (UCC)* для промышленного предприятия по обогащению урана. Планировалось, что корпорация *Garrett* может стать поставщиком технологии и оборудования для нового обогатительного комбината в Пайконе (шт. Огайо). Объем перспективного контракта оценивался в 1 млрд. долл. США, а мощность предприятия – около 9 млн. ЕРР. Однако для разделительного завода, решение о строительстве которого в 1977 г. принял президент США Джимми Картер, была выбрана одна из центрифуг *UCC*. Завод по центрифужному обогащению в Пайконе начали строить в начале 1980-х гг., а в июне 1985 г. работы были прекращены. Всего на проект было потрачено 3 млрд. долл. США. См. Pedersen Ole. Developments in the Uranium Enrichment Industry. *IAEA Bulletin*. Vol. 19, No.1 P. 45; Waters Dean A., Chief Scientist and Technical Manager, USEC, Inc. The American Gas Centrifuge: Past, Present, and Future. A paper presented to the SPLG workshop. October 13, 2003. P. 6.

³¹ Eerkens J.W. Rocket Radiation Handbook. U.S. Air Force. Vol. I: June 1974, 585 p; Vol. II: December 1973, 625 pp. Третий том книги был засекречен и широкой общественности недоступен.

³² Коэффициент разделения является одной из важнейших характеристик любого метода обогащения урана. Чем больше превышение коэффициента над единицей, тем эффективнее метод. Низкий коэффициент разделения может компенсироваться последовательностью большого количества ступеней, объединенных по определенной схеме в каскад. Так, газодиффузионные обогатительные предприятия состоят из тысяч ступеней обогащения и размещаются в корпусах длиной в сотни метров. См. Хлопков А.В. (глав. ред.). Ядерное нераспространение. Краткая энциклопедия. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2009. С. 213-214.

³³ Eerkens J.W. Spectral Considerations in the Laser Isotope Separation of Uranium Hexafluoride. *Applied Physics B: Lasers and Optics*. 1976, May, Volume 10, Number 1. P. 15.

³⁴ См. Хлопков А.В. (глав. ред.). Ядерное нераспространение. Краткая энциклопедия. М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2009. С. 213-214.

³⁵ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 27.

³⁶ Rubin Michael. Meeting the Challenge: U.S. Policy toward Iranian Nuclear Development. 2008, September 1. P. 4. <http://www.irantracker.org/full-publication/meeting-challenge-us-policy-toward-iranian-nuclear-development-page-4> (последнее посещение - 14 июля 2012 г.).

³⁷ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 26.

³⁸ LISOSEP=Laser ISotope SEparation.

³⁹ High Mass Isotope Separation Process and Arrangement. United States Patent 4082633. Column 31. <http://www.freepatentsonline.com/4082633.html?highlight=eerken&stemming=on> (последнее посещение – 15 февраля 2012 г.).

⁴⁰ Eerkens Jeff W., Kim Jaewoo. Isotope Separation by Selective Laser-Assisted Repression of Condensation in Supersonic Free Jets. *AIChE Journal*. 2010, Vol. 56, No. 9. P. 2331-2337.

⁴¹ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 10 июля 2012 г.

⁴² Eerkens J.W. Spectral Considerations in the Laser Isotope Separation of Uranium Hexafluoride. *Applied Physics B: Lasers and Optics*. 1976, May, Volume 10, Number 1. P. 15-31.

⁴³ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 27.



- ⁴⁴ Корпорация *Royal Dutch Shell* продала акции *General Atomics* в 1982 г.
- ⁴⁵ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 10 июля 2012 г.
- ⁴⁶ Тимербаев Роланд. «Тажура-2»: история несостоявшегося проекта. *Ядерный клуб*. 2009, № 1. С. 34.
- ⁴⁷ Интервью с Джеффом Эркенсом, Париж, Франция, 7 июня 2012 г.
- ⁴⁸ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 10 июля 2012 г.
- ⁴⁹ Интервью с Джеффом Эркенсом, Париж, Франция, 7 июня 2012 г.
- ⁵⁰ Копия письма была предоставлена автору Джеффом Эркенсом.
- ⁵¹ RSIC Newsletter. Radiation Shielding Information Center. Oak Ridge National Laboratory. April 1975. P. 3.
- ⁵² Проект *Systems for Nuclear Auxiliary Power (SNAP)* был учрежден в 1955 г. и прекращен в 1973 г. Цель проекта заключалась в разработке компактного энергетического источника мощностью 500-100 кВт для целей освоения космоса. Единственный запуск установки на орбиту вокруг Земли состоялся ракетой-носителем «Атлас-Аджена» с базы ВВС США Ванденберг 3 апреля 1965 г. Общий бюджет проекта составил 850 млн. долл. США в ценах того времени. Подробнее см. Voss Susan S. SNAP Reactor Overview. Final Report. AFWL-TN-84-14. Air Force Weapons Laboratory. August 1984. P. 1.
- ⁵³ Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 7. <http://archive.gao.gov/f0202/111869.pdf> (последнее посещение - 8 июня 2012 г.).
- ⁵⁴ Интервью с Джеффом Эркенсом, Париж, Франция, 8 июня 2012 г.
- ⁵⁵ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 28.
- ⁵⁶ TRIGA = Training, Research, Isotopes, General Atomics.
- ⁵⁷ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 20 июля 2012 г.
- ⁵⁸ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 26.
- ⁵⁹ Такая оценка представляется сильно завышенной.
- ⁶⁰ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 20 июля 2012 г.
- ⁶¹ Nuclear Proliferation and Safeguards: Appendix Volume II, Part I. Office of Technology Assessment. June 1977. P. IV-43, 46.
- ⁶² Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 7. <http://archive.gao.gov/f0202/111869.pdf> (последнее посещение - 8 июня 2012 г.).
- ⁶³ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 28.
- ⁶⁴ Iran-U.S. Claims for Tribunal Reports. Vol. 7, 1984 – III. Edited by J. C. Adlam, S. R. Pirrie. Grotius Publication Limited, March 1996. P. 23.
- ⁶⁵ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 3.
- ⁶⁶ Iran-U.S. Claims for Tribunal Reports. Vol. 7, 1984 – III. Edited by J. C. Adlam, S. R. Pirrie. Grotius Publication Limited, March 1996. P. 20.
- ⁶⁷ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 10 июля 2012 г.
- ⁶⁸ Iran-U.S. Claims for Tribunal Reports. Vol. 7, 1984 – III. Edited by J. C. Adlam, S. R. Pirrie. Grotius Publication Limited, March 1996. P. 19.
- ⁶⁹ Ibid.
- ⁷⁰ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 28.
- ⁷¹ Iran-U.S. Claims for Tribunal Reports. Vol. 7, 1984 – III. Edited by J. C. Adlam, S. R. Pirrie. Grotius Publication Limited, March 1996. P. 22.
- ⁷² Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 20 июля 2012 г.
- ⁷³ Интервью с Джеффом Эркенсом, Париж, Франция, 5 июня 2012 г.
- ⁷⁴ Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 5. <http://archive.gao.gov/f0202/111869.pdf> (последнее посещение - 8 июня 2012 г.)



- ⁷⁵ Ibid.
- ⁷⁶ Закон о нераспространении был принят 10 марта 1978 г.
- ⁷⁷ Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 3.
- ⁷⁸ Ibid. P. 4-5.
- ⁷⁹ US Government Document. Talking Points. The U.S.-Iran Nuclear Energy Agreement. 1978, October 20. Digital National Security Archives. <http://nsarchive.chadwyck.com>.
- ⁸⁰ В частности, планировалось, что Иран совместно с частным американским консорциумом *Uranium Enrichment Associates (UAE)*, Японией и рядом других государств станет совладельцем завода по обогащению урана в Дотане, шт. Алабама, общей стоимостью в 3,5 млрд. долл.
- ⁸¹ U.S. Nuclear Non-Proliferation Policy: Impact on Exports and Nuclear Industry Could Not Be Determined. GAO Report № 113371. 1980, September 23. P. 39.
- ⁸² Branigin William. Iran Orders 4 Reactors from West German Firm. *Washington Post*. 1977, November 11; French Sign Iran A-Deal, Assail U.S. *Reuters*. 1976, October 7.
- ⁸³ Allocation of Uranium Enrichment Services to Fuel Foreign and Domestic Nuclear Reactors. GAO Report № 097096. 1975, March 4. P. 13-14.
- ⁸⁴ Spector Leonard S. *Going Nuclear*. Cambridge, MA: Ballinger Pub Co, 1987. P. 51.
- ⁸⁵ В октябре 1978 г. президент Картер публично заявил, что дружба и союз с Ираном – один из столпов, на которые опирается внешняя политика США. См. Агаев С.Л. Иран между прошлым и будущим. События. Люди. Идеи. М.: Политиздат, 1987. С. 21.
- ⁸⁶ Spector Leonard S. *Going Nuclear*. Cambridge, MA: Ballinger Pub Co, 1987. P. 55.
- ⁸⁷ Hoffman Ian. Iran Laser Program Shocks Experts. *Tri-Valley Herald*. 2003, November 12.
- ⁸⁸ В рекламной кампании *Lischem*, проводимой в то время в ведущих профильных периодических научных изданиях, отмечалось, что производимые лазеры пригодны для обогащения урана.
- ⁸⁹ Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 2, 4, 5.
- ⁹⁰ Фенопетов Владимир. Почему Иран не смог совершить прыжок из Средневековья в ядерный век с шахом Пехлеви? *Ядерный клуб*. 2011, №2. С. 54-55.
- ⁹¹ Там же.
- ⁹² Parsons Anthony. *The Pride and the Fall. Iran. 1974-1979*. London: Jonathan Cape, 1984. P. 70, 137.
- ⁹³ Агаев С.Л. Иран между прошлым и будущим. События. Люди. Идеи. М.: Политиздат, 1987. С. 19.
- ⁹⁴ U.S.-Iran Peaceful Nuclear Cooperation Agreement. U.S. Department of State Telegram. 1978, October 1. Digital National Security Archives. <http://nsarchive.chadwyck.com>.
- ⁹⁵ Ibid.
- ⁹⁶ Pahlavi Mohammad Reza. *Answer to History*. N.Y.: Stein & Day Publishers, 1980. P. 185.
- ⁹⁷ Интервью с бывшим высокопоставленным сотрудником Государственного департамента США, курировавшего регион Ближнего Востока в период развития описанных событий. Валдай, Новгородская обл., 30 июня 2012 г.
- ⁹⁸ Iran-U.S. Claims for Tribunal Reports. Vol. 7, 1984 – III. Edited by J. C. Adlam, S. R. Pirrie. Grotius Publication Limited, March 1996. P. 20.
- ⁹⁹ Ibid. P. 19.
- ¹⁰⁰ Ibid. P. 20.
- ¹⁰¹ Gillette Robert. Iran Deal Broadens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 26.
- ¹⁰² Электронная переписка с Джеффом Эркенсом, 30 июля 2012 г.
- ¹⁰³ Телефонное интервью с Джеффом Эркенсом, 20 июля 2012 г.
- ¹⁰⁴ Моджтаба Тахерзаде скончался в США в 1996 г. в возрасте 65 лет; Акбар Этемад в настоящее время проживает по Франции.
- ¹⁰⁵ Интервью с Джеффом Эркенсом, Париж, Франция, 5 июня 2012 г.
- ¹⁰⁶ Spector Leonard S. *Going Nuclear*. Cambridge, MA: Ballinger Pub Co, 1987. P. 260. Footnote 94.
- ¹⁰⁷ Всего на рассмотрение Трибунала было передано около 4 тыс. частных споров, а также около 70 споров, возникших непосредственно между правительствами Ирана и США.
- ¹⁰⁸ Iran-U.S. Claims for Tribunal Reports. Vol. 7, 1984 – III. Edited by J. C. Adlam, S. R. Pirrie. Grotius Publication Limited, March 1996. P. 18.



¹⁰⁹ Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 3.

¹¹⁰ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. 27.

¹¹¹ Доклад Генерального директора МАГАТЭ. Осуществление соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО в Исламской Республике Иран. Док. GOV/2003/75. 14 ноября 2003 г. Приложение 1. С. 12.

¹¹² Spector Leonard S. *Going Nuclear*. Cambridge, MA: Ballinger Pub Co, 1987. P. 53.

¹¹³ Интервью с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, Вашингтон, США, 10 июля 2012 г.

¹¹⁴ Подробнее о проекте «Flower» см. Minutes from Meeting Held in Tel Aviv between H. E. General M. Dayan, Foreign Minister of Israel, and H.E. General H. Toufanian, Vice Minister of War, Imperial Government of Iran, Top Secret Minutes from Israel's Ministry of Foreign Affairs, 18 July 1977, Digital National Security Archive. <http://nsarchive.chadwyck.com>.

¹¹⁵ Интервью с Эфраимом Камом, заместителем директора Института исследований национальной безопасности (Израиль), Барселона, Испания, 25 января 2012 г.

¹¹⁶ Spector Leonard S. *Going Nuclear*. Cambridge, MA: Ballinger Pub Co, 1987. P. 260. Footnote 97.

¹¹⁷ Gillette Robert. Iran's Deal with L.A. Firm Widens Nuclear Capability. *Los Angeles Times*. 1979, August 22. P. B1.

¹¹⁸ Контракт ОАЭИ с китайскими организациями на поставку лазерного оборудования был подписан в 1991 г.

¹¹⁹ Примечательно, что в 1985 г. в США *AVLIS* также была определена в качестве наиболее перспективной технологии обогащения урана. В частности, планировалось, что именно она придет на смену газодиффузионной технологии, которая тогда использовалась на промышленных предприятиях по разделению изотопов урана в США. См. Hargrove Steven. *Laser Technology Follow in Lawrence's Footsteps*. *Science and Technology Review*. <https://www.llnl.gov/str/Hargrove.html> (последнее посещение - 21 июня 2012 г.).

¹²⁰ Интервью с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, Вашингтон, США, 10 июля 2012 г.

¹²¹ Доклад Генерального директора МАГАТЭ. Осуществление соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО и соответствующих положений резолюций 1737 (2006) и 1747 (2007) Совета Безопасности в Исламской Республике Иран. Док. GOV/2007/58. 15 ноября 2007 г. С. 2.

¹²² Serrato Ruben M. *Laser Isotope Separation and the Future of Nuclear Proliferation*. Dissertation.Com. 2010, October. P. 52.

¹²³ Hibbs Mark. Australia Tightened Oversight after Iran's Use of Spectrometer. *Nucleonics Week*. 2007, 22 November.

¹²⁴ Ранее Иран также закупил масс-спектрометры в ряде других стран, в том числе Германии и Франции, которые, по мнению специалистов МАГАТЭ, более подходят для анализа урановых образцов, чем австралийские. Электронная переписка с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, 25 августа 2012 г.

¹²⁵ Осуществление Соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО в Исламской Республике Иран. Доклад Генерального директора. Док. МАГАТЭ GOV/2003/75. 14 ноября 2003 г. Приложение 1. С. 12.

¹²⁶ Из личного архива автора.

¹²⁷ Осуществление Соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО в Исламской Республике Иран. Доклад Генерального директора. Док. МАГАТЭ GOV/2004/83. 17 ноября 2004 г. С. 16.

¹²⁸ То же. С. 14.

¹²⁹ Осуществление Соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО и соответствующих положений резолюций Совета Безопасности в Исламской Республике Иран. Доклад Генерального директора. Док. МАГАТЭ GOV/2011/65. 9 ноября 2011 г. С. 5.

¹³⁰ Для того, чтобы указанные исследования соответствовали обязательствам Ирана по соглашению с МАГАТЭ о гарантиях, они должны осуществляться без использования урановых образцов. В противном случае они должны быть соответствующим образом задекларированы перед Международным агентством по атомной энергии. Электронная переписка с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, 25 августа 2012 г.



- ¹³¹ Осуществление Соглашения о гарантиях в связи ДНЯО в Исламской Республике Иран. Доклад Генерального директора. Док. МАГАТЭ GOV/2004/60. 6 сентября 2004 г. Приложение. С. 7.
- ¹³² Электронная переписка с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, 25 августа 2012 г.
- ¹³³ Интервью с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, Вашингтон, США, 10 июля 2012 г.
- ¹³⁴ Телефонное интервью с Джеффом Эркеном, 20 июля 2012 г.
- ¹³⁵ Интервью с бывшим высокопоставленным экспертом МАГАТЭ, Вашингтон, США, 10 июля 2012 г.
- ¹³⁶ Circumstances Surrounding the Government's Approval of Nuclear-Related Exports To Iran. GAO Report № 111869. 1980, March 17. P. 7. <http://archive.gao.gov/f0202/111869.pdf> (последнее посещение - 8 июня 2012 г.).
- ¹³⁷ По данным МАГАТЭ, к маю 2012 г. Иран наработал 145,6 кг 20%-процентного урана. См. Осуществление Соглашения о гарантиях в связи с ДНЯО и соответствующих положений резолюций Совета Безопасности в Исламской Республике Иран. Доклад Генерального директора. Док. МАГАТЭ GOV/2012/23. 25 мая 2012 г. С. 4.
- ¹³⁸ CRISLA= Chemical Reaction by Isotope Selective Laser Activation; после 1995 г. - Condensation Repression by Isotope Selective Laser Activation.
- ¹³⁹ До переименования компания *Silex* называлась *Australian Nuclear Enterprises*.
- ¹⁴⁰ Телефонное интервью с Джеффом Эркеном, 20 июля 2012 г.
- ¹⁴¹ Workshop on Laser Enrichment of Uranium, Speaker Biography, Department of Nuclear Engineering, University of California, Berkley. 2009, January 26. <http://www.nuc.berkeley.edu/Colloquiums/2009-1-26> (последнее посещение - 15 июля 2012 г.).
- ¹⁴² Компания *Cameco* также проявляла интерес к строительству на территории Канады завода по обогащению урана на основе российской центрифужной технологии. Однако до практической реализации проекта дело не дошло.
- ¹⁴³ Телефонное интервью с Джеффом Эркеном, 20 июля 2012 г.
- ¹⁴⁴ См. http://www.freepatentsonline.com/result.html?p=1&query_txt=eerkens (последнее посещение - 15 февраля 2012 г.)
- ¹⁴⁵ Eerkens, J. W. Laser Isotope Separation - Science and Technology. SPIE-International Society for Optical Engineering, 1995. 728 p.
- ¹⁴⁶ Eerkens Jeff W., Kim Jaewoo. Isotope Separation by Selective Laser-Assisted Repression of Condensation in Supersonic Free Jets. *AICHE Journal*. 2010, Vol. 56, No. 9. P. 2331-2337.
- ¹⁴⁷ Телефонное интервью с Джеффом Эркеном, 20 июля 2012 г.