

к.х.н. Садовский А.С., к. ф.-м. н. Товмаш А.В.

Создание фильтров для просеивания изотопов урана

*Шестьдесят лет назад в СССР проведен пробный пуск
завода № 813 по обогащению урана изотопом U^{235} .*

*Спустя 50 лет в США и, главное, у нас стали публиковаться
засекреченные ранее данные о вкладах спецслужб и немецких физиков
в атомные проекты. Этим и вызвано обращение к теме.*

Бескорыстный шпионаж

Создание «ядерного щита СССР» не проходило гладко. Неудачи нашего атомного проекта составили «правду для служебного пользования», о них и сейчас стараются не писать в официальных изданиях. Пробный пуск завода Д-1 обогащения урана газодиффузионным методом на комбинате №813 стал одним из первых крупных срывов программы.

В Манхэттенском проекте США также была кризисная ситуация с получением оружейного урана. Уже шли строительные работы самого большого в мире здания - корпуса газодиффузионного завода К-25 в Оак-Ридже, когда состоялся телефонный разговор главы фирмы-подрядчика «Худель-Херши» с руководителем Манхэттенского проекта генералом Лесли Гровсом. Его известили, что фирма отказывается от контракта по причине сомнительной технологии изготовления разделительных фильтров. Звонок даже не стали откладывать из-за наступающего Рождества 1943г. Трудности удалось преодолеть, но не сразу.

Именно на этот метод было ориентировано получение делящегося материала для первой урановой бомбы СССР. Несмотря на громоздкость и энергоемкость нашему руководству он казался наиболее надежным и простым, к тому же для него имелись обширные агентурные данные, вплоть до проекторной документации завода К-25. Важнейшим источником информации был Клаус Фукс. Приверженность коммунистической идеи была причиной того, что он с конца 1941г. еще в бытность участником английского атомного проекта «Тьюб аллойс» (кодовое название "Сплавы для труб") стал передавать советской военной разведке бесценные секреты. Независимо и без вербовки помощь нам оказывала также секретарь «Тьюб аллойс» Мелита Норвуд. Так что об успехах проекта И.В. Сталин был информирован не хуже членов Правительства ее Величества. О шпионаже Норвуд узнали лишь после недавнего опубликования на Западе «досье Митрохина». Перебежчик-архивариус так же добровольно рисковал жизнью, вынося из КГБ выписки из документов. Майор засовывал их в носки или просто в ботинки.

После слияния «Тьюб аллойс» с Манхэттенским проектом Фукс оказался в Колумбийском университете, США. Здесь он с Рудольфом Пайерльсом познакомился детально с проблемой U^{235} . Американцы воспользовались за-

делом союзников, которые уже продвинулись до стадии проекта газодиффузионного завода, выполненного под руководством Фрэнсиса Симона. Первая мембраны для разделения изотопов в UF_6 была сделана в его Оксфордской лаборатории. Как-то он пришел на работу, держа в руках кухонное сито, и сказал, что надо сделать нечто такое, но с отверстиями мельче на порядок. Разделение изотопов основывается на разности коэффициентов диффузии U^{235} и U^{238} . В наибольшей мере она проявляется в Кнудсеновской области, где свободный пробег молекул больше диаметра поры, тогда они чаще сталкиваются со стенкой, чем между собой. Разница невелика и процесс приходится повторять тысячи раз. Оптимальный размер пор составляет порядка 0,1 мкм, с ним связан выбор давления, определяющего свободный пробег. Рабочая мембрана была изготовлена офсетной полиграфической техникой, как бы точечным травлением. Для получения матрицы воспользовались фотографией узора вязки женской кофточки из журнала для рукоделия. Можно заметить, все три физика были выходцами из Германии и покинули ее по национально-политическим причинам.

В Колумбийском университете группа Гарольда Юри разрабатывала технологию обогащения урана. Трубчатые фильтрующие элементы N-A (Norris-Adler) получали электроосаждением никеля. Их то и отвергли инженеры строящегося завода K-25. Все ожидал «разноса», но Гровс оставался спокойным. Оказывается, у него в запасе было альтернативное предложение от фирмы «Келлекс» (филиал «Келлог»). Талантливый инженер Персиваль Кейт сумел переделать фильтры, превратив их в композиционные, путем совмещения способов прессования никелевого порошка и электроосаждения. Выход был найден и реализован им к осени 1948г. В это же время фирма «Крайслер» разработала технологию «X-100» нанесения защитного покрытия из никеля, непроницаемого для UF_6 . Фукс этого всего мог и не знать.

Соединенные штаты, объединив по началу усилия с союзником, вскоре обособились. Английский проект стал незаметен на фоне громадных финансовых вложений и успехов США. Пайерльс и Фукс остались в Манхэттенском проекте, и летом 1944г. они уже были в Лос Аламосе. От Фукса вновь пошла информация, но она относилась к плутониевой и водородной бомбах.

Первые шаги

Для ускорения производство оружейного урана решено было разместить на заводе №261, принадлежавшем ранее Наркомавиапрому. Указ о реконструкции был подписан 01.12.1945г. в Первом главном управлении (ПГУ), ставшем как бы «атомным наркоматом». Завод располагался на берегу реки Нейвы в 60км от Свердловска, ему присвоили новый код №813, а поселок Верх-Нейвинск-2 превратился в Свердловск-44. В этом же районе решено было построить завод №418 по электромагнитному разделению изото-

пов урана (поселок Лесной или Свердловск-45). Подобный завод Y-12 был также и в Оак-Ридже.

Насколько полной информацией по фильтрам располагало ПГУ не известно, в начале 1946г. оно объявило «закрытый» конкурс подходящих пористых материалов. Среди 15-ти участников значились институты «А» и «Г», только что организованные для немецких специалистов, привлеченных к участию в атомном проекте СССР. Институты возглавили: «А» - Манфред фон Арденне и «Г» - Нобелевский лауреат Густав Герц. Можно считать, что они, также как и Петер Тиссен, бывший директор Института физхимии кайзера Вильгельма, приехали в СССР по своей инициативе. В штате институтов были также лица, отобранные из лагерей военнопленных, просто контрактники и советские граждане. Размещались институты в санаторных корпусах под Сухуми. В привилегированную «шарашку А» после Колымских и Магаданских лагерей был направлен и В.А. Каржавин.

Немецкие специалисты невольно оказали помощь американской разведке. По объемам урановой руды, которая стала вывозиться из Восточной Германии и Чехословакии, ЦРУ могло оценить лишь масштаб работ по ядерному оружию в СССР, но не их результативность. Наш режим секретности, дорогостоящий и обременительный, оказался для американской агентуры практически непроницаемым. Перехват же писем, приходящих в Восточную Германию, и анализ адресов оказался более плодотворным. Так, по письму Герца сыну от 18.03.1946г. в Берлине и в пригороде Грюнау были раскрыты агенты-посредники: лейтенант «Петроченко», полковники "Елян" и "Сиденко". По переписке стало ясно, что производством урана занимаются у нас в г. Электросталь, а наукой – на Черноморском побережье. В 1947г. четыре специалиста-атомщика, с которыми велись переговоры о работе в СССР, оказались потом на Западе. После этого случая специалистам из Восточной Германии впредь ничего не сообщалось об их завербованных соотечественниках. Только в 1949г. первый русский невозвращенец оказался в ЦРУ, в материалах он фигурировал под кличкой "Гонг". Невозвращенец в 1947г. работал научным сотрудником как раз по секретной проблеме фильтров в Институте общей и неорганической химии (ИОНХ) АН СССР у проф. Д.А. Петрова.

Победители и аутсайдеры конкурса

По итогам конкурса фильтры ИОНХА были признаны перспективными и на заводе №710 стали собирать полупромышленную установку для их производства. По-видимому, это был Подольский патронный завод, поскольку фильтры получали травлением технической латунной фольги в кипящей соляной кислоте. Латунь – сплав Cu и Zn с различными добавками, как известно, служит незаменимым материалом для изготовления гильз. На таком же принципе основано приготовления скелетных катализаторов. Когда аналитики ЦРУ нашли статью Д.А. Петрова, Л.М. Кефели и С.Л. Лельчук «Ис-

следование структуры медного скелетного катализатора» в журнале «Доклады АН СССР» за 1947г., том 57, №6, стр. 579, очевидно, они остались довольны. Правда, работа имела сугубо фундаментальную направленность. Результаты статьи в «ДАН'е», бесспорно, интересны и для практики, но в паре с информацией от Гонга они приобрели дополнительный смысл. Из них можно было заключить, что в СССР к разработке фильтров приступили с нулевого уровня - методом травления.

Другой перспективной наработкой был признан никелевый спеченный пластинчатый фильтр, представленный лабораториями системы Минцветмета. На Московском комбинате твердых сплавов сразу же приступили к наработке крупной партии фильтров – 60м² для лаборатории И.В. Курчатова. Лаборатории №2, называемая потом ЛИАН, а сейчас РНЦ «Курчатовским институтом», стала создавать опытную установку для отработки техники разделения изотопов урана. Научное руководство возглавил И.К. Кикоин. Этими фильтрами оснастили первый завод Д-1 на комбинате №813. Требуемую производительность обогащения урана с 0,7 до 90% U²³⁵ обеспечивали 6200 «диффузионных машин» разной мощности. Такая машина в виде корпуса, насоса и фильтра, служила одной ступенью разделения. Их скомпоновали в 56 технологических ниток-каскадов.

Курчатовская лаборатория, проводя тестирование, не только была арбитром конкурса, но и сама выступила в качестве участника. Ею предложены в буквальном смысле сита, изготавливаемые механическим прокалыванием тонкой фольги. На оборонном предприятии даже изготовили автоматическое приспособление и на всякий случай наработали порядка 100м² таких фильтров, но они не пригодились.

Другим аутсайдером оказался НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Здесь перед войной был открыт способ получения противоаэрозольных фильтров путем электроформования ультратонких полимерных волокон (диаметр 1мкм и менее), а в г. Калинин (Тверь) создана установка по производству материала БФ - боевой фильтр. В 1941г. Тверь оказалась на линии фронта, и производство пришлось экстренно воссоздавать на Соликамском калийном комбинате. Начиная с 1942г. БФ уже шел на снаряжение боевых противогазов Л-2. Технология была засекречена, долгое время ФП – фильтр И.В. Петрянова, как сейчас принято обозначать, оставался уникальным материалом, не имеющим аналогов за рубежом.

После войны такой материал средств индивидуальной защиты органов дыхания стал доступен и для других целей. В виде прессованного картона, он был испытан в качестве разделительной мембраны. Спрессованные слои ФП можно рассматривать как аналог спеченных фильтров. Средний размер пор в последнем случае соизмерим с размером сферических частиц. В неупорядоченной упаковке волокон большая вариация пустот, но поперечный размер вытянутых полостей также соизмерим с диаметром волокна. По эффективно-

сти волокнистые прессованные фильтры были близки к спеченным, однако в среде UF_6 они оказались нестойкими.

«Уран-проект» в Германии был направлен на создание плутониевой бомбы и получение Pu^{239} в уран-тяжеловодном реакторе. Опыта по газодиффузионному разделению изотопов у немецких специалистов не было, их заявки носили формальный, заявочный характер.

Кефирштадт

Начальная программа нашего атомного проекта были аналогична Манхэттенскому, в том числе и по срокам. Время пуска производства оружейного урана на комбинате №813 было оговорено в «совершенно секретном» отчете И.В. Сталину 1947г. Позже исполнители, очевидно, посчитали, что преждевременный «пробный» пуск будет для них меньшим злом, чем корректирование плана. Однако результаты получились удручающими. Продукт получен не был, после пробы пришлось менять 5000 разгерметизировавшихся насосов и заодно руководство комбината. Главная причина случившегося состояла в том, что не удалось обеспечить герметичность уплотнений. В местах подсоса за счет влаги из воздуха происходил гидролиз UF_6 , вызывающий сильную коррозию. Внутренности системы покрылись мелким зеленоватым налетом соединений четырехфтористого урана. В такой ситуации вопрос о качестве разделительных фильтров не возник, их самих впрямую было защищать от пыли противоаэрозольным полотном ФП.

Безысходность толкнула на изменение «режима» и в октябре 1948г. на объект доставили «умных немцев»: Герца, Тиссена и Г. Барвиха. Что за объект они могли догадаться и сами, а вот, где он находится, знать им было нельзя. Очевидно, смена пейзажа за окном у немцев ассоциировалась с замечной напитков, подаваемых к столу. Таежный поселок они окрестили «Кефирштадтом» ("Kefirstadt"). В Кефирштадте побывали также Ю. Мюлленфордт и В. Шютце, а вот Каржавин приезжал сюда, скорее всего, как в Свердловск-44. Для подавления коррозии, основной причины провала пуска, он вместе с Тиссеном предложил пассивировать поверхность деталей и узлов предварительным прогревом в атмосфере UF_6 . Эта была, конечно, полумера. Далее предстояла громадная работа по изменению конструкции машин, поиску способа газоплотного никелирования рабочих поверхностей и пр. Известны воспоминания о приезде сюда уже в 1949г. Л.П. Берии. Резюме было, понятно, каким: «...если вы не обеспечите за это время все, что от вас требуется, пеняйте на себя, а я заранее предупреждаю - готовьте сухари».

Продукт оружейной кондиции не шел и при повторном пуске, поэтому перешли на циклический режим, получая за первый прогон 35% и за второй – 75% U^{235} . Оставалась надежда на соседей: в Свердловске-45 завершалось создание разработанной под руководством Л.А. Арцимовича электромагнит-

ной установки СУ-20, на которой можно было укрепить концентрат до 90% U^{235} . Сухари не потребовались.

Догоним и перегоним

Тем временем под Сухуми шла работа. Оба института «А» и «Г» сосредоточились на создании никелевых цилиндрических фильтров. Под руководством Тиссена в институте «А» разрабатывались «каркасные» фильтры, некий аналог композитных трубок Кейта. Основу составляла сетка из тончайшей никелевой проволоки. На сваренную в виде цилиндра сетку, наносили порошок карбонила никеля и подвергали термообработке. После пуска установки, вывезенной из Германии, карбонил никеля был доступен, но ультратонкую проволоку и сетку пришлось доставлять из Берлина. Сетка соответствовала теперешнему стандарту на цифровую печать – 250dpi, или 10 проволочек на мм. Процесс изготовления такого трубчатого фильтра долго не удавалось механизировать.

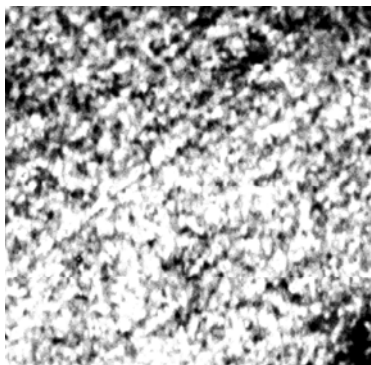
Технологию бескаркасных фильтров разрабатывала группа Рейнгольда Райхманна. Он когда то был фармацевтом и этим можно объяснить его «ноу хау». Заготовка трубки «МФ» готовилась экструзией пасты, состоящей из никелевого порошка с диметилглиоксимом. В пасту добавлялось гвоздичное масло. У него разные применения, в том числе дантисты им пользуются для мягкого обезболивания. Трубку далее подвергали термообработке. Решение, найденное Райхманном, было настолько своевременным и доступным для реализации, что ему была присуждена Сталинская премия 1-ой степени, но, увы, посмертно. Вклад Тиссена в советский атомный проект был также отмечен Сталинской премией той же степени.

Оба типа трубчатых фильтров устанавливались на диффузионные машины второго поколения. Ими стали оснащать вторую очередь - завод Д-3, увеличив мощность одноступенчатой машины в 2-2,5 раза. После реорганизации институтов «А» и «Г» лабораторию Тиссена перевели на завод №12 в г. Электросталь, а производство трубок «МФ» в 1953г. было организовано в Свердловске-44. Трубчатые фильтры устанавливались на последующих производствах обогащенного урана: здесь же на заводах Д-4 и Д-5, в Томске-7, Ангарске и Красноярске-45.

Паритет с США в производстве оружейного урана был достигнут. Но мы пошли дальше. В СССР была разработана более эффективная центробежная технология, позволяющая проводить самое мало затратное обогащение. Как и со спутником, мы обогнали всех. К 1991г. диффузионные заводы в СССР были закрыты. Завод К-25 тоже остановлен, но такие заводы в США и во Франции продолжают выпускать более дорогой концентрат. Детали технологии получения разделительных фильтров до сих пор не раскрыты.

Статья написана при поддержке гранта РФФИ 06-06-80299-а.

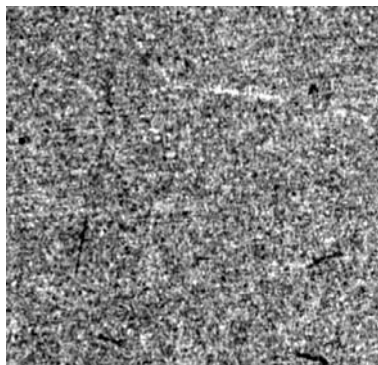
а)



б)



в)



Различные фильтрующие материалы:

- а) Латунная фольга, протравленная кипящей соляной кислотой, величина зерен до 10 мкм. б) Фильтр Петрянова из смеси хлорвиниловых волокон диаметром 0.3 – 2 мкм, до прессования. в) Спеченная металлокерамика, размер частиц 2 мкм.