

НАУЧНЫЙ ПОИСК ПОД ПРЕССОМ ВЫСОКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ: РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ В РАМКАХ АТОМНОГО ПРОЕКТА СССР

DOI: 10.19181/smtp.2021.3.1.7

Борисов Василий Петрович¹

¹ Институт истории естествознания и техники
им. С. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Одним из способов получения ядерного взрывчатого вещества для изготовления первых атомных бомб стало разделение изотопов урана электромагнитным (масс-спектрографическим) методом. Теоретическим обоснованием и проведением экспериментального разделения изотопов урана с использованием этого метода занимался Л. А. Арцимович в Лаборатории № 2 АН СССР. К середине 1945 г. Л. А. Арцимович получил на экспериментальной установке результаты, свидетельствующие о возможности стабильного обогащения урана изотопом U-235 с применением данного способа. Используя результаты проведённых экспериментов, ОКБ при заводе «Электросила» (рук. Д. В. Ефремов), при участии Научно-исследовательского вакуумного института (рук. С. А. Векшинский) и Института «А» (рук. М. Арденне) разработало проект промышленной многокамерной установки электромагнитной сепарации изотопов урана СУ-20. Такая установка была изготовлена и введена в строй на заводе на Урале, что позволило в 1951 г. получить необходимое количество урана-235 для атомной бомбы РДС-3.

После 1952 г. технология электромагнитной сепарации для разделения изотопов урана не применялась в связи с усовершенствованием более производительных установок газодиффузионного разделения изотопов. Оборудование построенного на Урале завода электромагнитной сепарации изотопов было использовано для получения лития-6, необходимого для снаряжения первого термоядерного заряда, успешное испытание которого прошло в 1953 г.

В дальнейшем завод электромагнитной сепарации изотопов был привлечён к производству изотопной продукции научно-технического и медицинского применения для широкого круга потребителей в России и за рубежом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

изотопы, электромагнитная масс-сепарация, уран-235, литий-6, Л. А. Арцимович, Д. В. Ефремов, С. А. Векшинский, М. Арденне, атомная бомба, РДС-3, РДС-6

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Борисов В. П. Научный поиск под прессом высокой ответственности: развитие технологии электромагнитного разделения изотопов в рамках Атомного проекта СССР // Управление наукой: теория и практика. 2021. Т. 3, № 1. С. 120–135.

DOI: 10.19181/sntp.2021.3.1.7

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем, подлежавших решению в процессе работы по Атомному проекту, являлся выбор технологии изготовления ядерного взрывчатого вещества. После назначения 12 апреля 1943 г. И. В. Курчатова начальником Лаборатории № 2 АН СССР, ставшей, по существу, научным центром формирования атомной промышленности, эта проблема оставалась актуальной на протяжении целого ряда лет.

Основные усилия сотрудников Лаборатории № 2 в военные и первые послевоенные годы были направлены на создание уран-графитового реактора для получения плутония, который и был использован в качестве ядерного заряда первой в СССР атомной бомбы. Помимо этого проводились работы, направленные на получение ядерного взрывчатого вещества, которым является уран-235, путём разделения изотопов природного урана. При проведении такой работы разделение изотопов производилось при помощи центрифуги, в результате диффузии урана сквозь специальные диафрагмы, а также применялся электромагнитный метод разделения изотопов.

В определённой степени эти методы конкурировали между собой, тем не менее при необходимости дополняя друг друга. На размах проведения научных и производственных работ по каждому методу оказывали влияние различные факторы, включая имевшийся теоретический и экспериментальный материал, периодически поступающие сведения о результатах работы в данных направлениях за рубежом и т. д.

В данной статье рассмотрена история разработки в рамках советского Атомного проекта электромагнитного метода разделения изотопов. Эта история в определённой степени иллюстрирует характерные особенности работы в условиях, когда выполнение научной задачи, поставленной перед коллективом, связано с решением широкого круга проблем, а необходимость обеспечения безопасности страны требует быстрого и качественного проведения работы.

РЕШЕНИЕ УРАНОВЫХ ПРОБЛЕМ (1943–1951 гг.)

По воспоминаниям ведущих сотрудников Лаборатории № 2 АН СССР Ю. Б. Харитона, Г. Н. Флёрова, И. К. Кикоина, Я. Б. Зельдовича и др., руководитель лаборатории И. В. Курчатов с самого начала чётко распределил, кто из них будет заниматься ураном, графитом, тяжёлой водой, разделением изотопов, не делая при этом секрета из того, какие темы являются на данный момент первоочередными [1, с. 203–212].

На Л. А. Арцимовича, перешедшего в Лабораторию № 2 из Ленинградского физико-технического института, была возложена организация проведения

исследований и опытно-конструкторских работ по разделению изотопов урана электромагнитным (масс-спектрографическим) методом. Одновременно лаборатория проводила также работы, связанные с совершенствованием технологии обогащения урана ^{235}U -м изотопом с помощью диффузионного и центрифужного методов разделения изотопов. Начав работу по созданию экспериментальной установки разделения изотопов электромагнитным методом, Арцимович получал необходимую поддержку руководства в решении связанных с этим задач. Вместе с тем Лев Андреевич понимал, что при организации работы в целом руководитель лаборатории И. В. Курчатов не рассматривает электромагнитный метод в качестве наиболее перспективного для реализации технологии разделения изотопов урана. При научных обсуждениях вопроса, какой из методов разделения изотопов может быть наиболее быстро и эффективно реализован, единого мнения у сотрудников лаборатории не было. Принимая решения о дальнейшей деятельности лаборатории, И. В. Курчатов учитывал высказывавшиеся предложения и имеющийся опыт, но при этом опирался также на информацию, с которой был ознакомлен только он.

Такой информацией являлись донесения советской службы внешней разведки, полученные от негласных источников информации (агентов), главным образом из Великобритании и США. После создания Лаборатории № 2 донесения внешней разведки по атомной проблеме поступали непосредственно И. В. Курчатову, он составлял по ним отчётную информацию для руководства страны и список вопросов, по которым центральный аппарат разведки готовил задания резидентуре. В целях конспирации о получении информации по каналам разведки Курчатов не должен был рассказывать никому из своих сотрудников [2, с. 103–107].

С точки зрения проблемы, обсуждаемой в настоящей статье, большой интерес представляет письмо, направленное И. В. Курчатовым 7 марта 1943 г. заместителю председателя Совнаркома М. Г. Первухину, который в то время на правительственном уровне отвечал за развитие работ по Атомному проекту. Раздел письма, посвящённый проблеме разделения изотопов, свидетельствовал о том, что данные, полученные внешней разведкой, послужили для Курчатова «весьма важным ориентиром для нашего исследования»:

«I. Разделение изотопов.

Наиболее ценная часть материалов относится к задаче разделения изотопов.

1. Единственным рациональным путём решения задачи разделения изотопов (в материалах, переданных службой внешней разведки, – В. Б.) принимается разделение изотопов при помощи диффузии через мембрану с мелкими отверстиями. Предпочтение метода диффузии методу центрифугирования для наших физиков и химиков явилось неожиданным. У нас была распространена точка зрения, согласно которой возможности метода центрифугирования стоят значительно выше возможностей метода диффузии, который считался практически неприменимым для разделения изотопных тяжёлых элементов. В соответствии с этой точкой зрения, вначале при постановке

работ по проблеме урана предусматривались исследования только с центрифугой (метод Ланге)¹.

Получение материала заставило наряду с центрифугированием включить в план работ по проблеме и метод разделения диффузией [...].

2. В материале содержится краткий анализ применимости термодиффузионного метода, метода центрифугирования, масс-спектрографического метода и метода испарения для разделения изотопов урана:

а) метод термодиффузии считается малоэффективным из-за большой затраты энергии. Этот вывод подтверждается выполненными в марте 1943 года по нашему поручению расчётами проф. Я. Б. Зельдовича;

б) метод центрифугирования считается малоэффективным из-за необходимости постройки машин, имеющих большие окружные скорости вращения;

в) масс-спектрографический метод и метод разделения изотопов испарением также считаются непригодными для урана. Справедливость этой оценки выясняется сотрудниками лаборатории профессорами Арцимовичем и Корнфельдом» [3, с. 112–113].

Вероятно, М. И. Корнфельд был согласен с оценкой перспектив электромагнитного (масс-спектрографического) метода, подсказанной И. В. Курчатову зарубежным источником информации. Во всяком случае, Марк Иосифович вскоре переключился на проблемы, связанные с тяжёлой водой, руководил разработкой установок для её получения.

В то же время Л. А. Арцимович продолжил расчётно-теоретические и экспериментальные работы по разделению изотопов урана электромагнитным методом, используя экспериментальную установку, оборудованную в Лаборатории № 2. К середине 1945 г. с помощью этой установки удалось добиться стабильного разделения изотопов урана. В ноябре 1945 г. И. В. Курчатов информировал руководство страны о реализации процесса получения урана-235 методом электромагнитного разделения изотопов на экспериментальном оборудовании Лаборатории № 2 и ходатайствовал о привлечении к дальнейшей работе промышленной организации с целью выполнения необходимых опытно-конструкторских работ и проектирования производства урана-235 в интересах страны.

Сообщение Курчатова было чрезвычайно важным: во всём мире, казалось, ещё не утихло эхо взрывов американских атомных бомб, сброшенных в августе 1945 г. на Хиросиму и Нагасаки. Для того, чтобы перейти теперь от получения микрограммов U_{235} в экспериментах к подготовке выпуска его в требуемых объёмах, требовалось привлечь к работе опытно-конструкторское предприятие, способное в короткие сроки разработать технологические процессы и оборудование для осуществления промышленного производства урана-235.

Как и многие другие дела, связанные с решением атомной проблемы, работа по организации нового производства выполнялась с большой ответственностью. В короткий срок после обращения И. В. Курчатова к руководству страны было подготовлено постановление Совнаркома, текст которого приводится полностью ниже:

¹ Ланге Ф. Ф. – сотрудник УФТИ (г. Харьков).

Постановление СНК СССР № 3176-964сс
«Об организации Особого конструкторского бюро
по проектированию электромагнитных преобразователей
при заводе “Электросила” Наркомэлектропрома»

г. Москва, Кремль

27 декабря 1945 г.

Сов. секретно
(Особая папка)

Совет Народных Комиссаров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Обязать Наркомэлектропром (т. Кабанова) организовать при заводе «Электросила» Особое конструкторское бюро по проектированию комплектов специальных электромагнитных установок и циклотронов.

Конструкторское бюро в дальнейшем именовать: «ОКБ по проектированию электромагнитных преобразователей» при заводе «Электросила»².

2. Утвердить начальником ОКБ главного инженера завода «Электросила» т. Ефремова Д. В.

3. Подчинить ОКБ при заводе «Электросила» народному комиссару электропромышленности.

4. Обязать Наркомэлектропром (т. Кабанова) представить на утверждение Инженерно-технического совета Специального комитета при СНК СССР к 15 января 1946 г. план работы ОКБ.

5. Установить следующий порядок работы ОКБ:

а) технические задания на разработку отдельных конструкций ОКБ получает от специальных институтов после утверждения их Инженерно-техническим советом;

б) разработанные ОКБ конструкции, предназначенные для серийного производства, утверждаются Инженерно-техническим советом;

в) технологические разработки серийных конструкций и задания на проектирование их производства утверждаются народным комиссаром электропромышленности;

г) опытные конструкции и конструкции отдельных индивидуальных исполнений, разрабатываемые для научно-исследовательских организаций по утверждённым Инженерно-техническим советом заданиям, в целях сокращения срока их изготовления выпускаются в производство узлами без предварительного утверждения.

6. Обязать директоров заводов Наркомэлектропрома – «Электросила» (т. Мухина), № 678 (т. Соболева), № 211 (т. Пригарина) – производить все необходимые опытные работы по заданиям ОКБ во внеочередном порядке.

7. Для организации лабораторно-исследовательской базы ОКБ обязать Главвоенпромстрой при СНК СССР (т. Прокофьева):

² Принятая практика делопроизводства для особо секретной документации: использование условных терминов и названий, не дающих возможность «недопущенным» сотрудникам и посторонним лицам понять, о каких процессах и изделиях идёт речь на самом деле. Поэтому даже в совершенно секретном постановлении не упоминаются уран, разделение изотопов и т. п. (прим. – В. Б.).

а) восстановить до 25 января 1946 г. существующие помещения лабораторий завода «Электросила» и произвести необходимое их оборудование по согласованию с Наркомэлектропромом для организации работ ОКБ.

Объём восстановительных и монтажных работ определить в сумме 200 тыс. руб.;

б) построить к 1 сентября 1946 г. новое здание лаборатории завода «Электросила»;

в) доложить Совнаркому СССР о выполнении данного Постановления по восстановлению лаборатории к 1 февраля 1946 г. и по строительству новой лаборатории – к 15 апреля, 15 июля и 15 сентября 1946 г.

Наркомэлектропрому (т. Кабанову) и Главвоенпромстрою (т. Прокофьеву) обеспечить указанные восстановительные и строительно-монтажные работы материалами, а Госплану СССР (т. Борисову) при выделении Главвоенпромстрою на I и II кв. 1946 г. фондов на строительные материалы учесть потребность в них по заводу «Электросила» для его лабораторий.

8. Утвердить должностные оклады ОКБ и оклады работников лабораторий завода «Электросила», занятых на работах ОКБ, согласно Приложению № 1.

9. Разрешить тт. Кабанову И. Г., Борисову Н. А. и Кузнецову А. А. в 10-дневный срок отобрать на ленинградских предприятиях и направить на завод «Электросила» 50 квалифицированных рабочих 5–7 разрядов, удовлетворяющих условиям работы в ОКБ, согласно Приложению № 2.

10. Разрешить начальнику ОКБ применять сверхурочные работы и оплачивать их в соответствии с КЗОТ.

11. Разрешить начальнику ОКБ вводить и утверждать сдельные и аккордные работы и прогрессивно-премиальную оплату их, в том числе и для работ, передаваемых ОКБ другим заводам.

12. Обязать Наркомторг СССР (т. Любимова):

а) ежемесячно, начиная с 1 января 1946 г., выделять ОКБ при заводе «Электросила» целевым назначением для работников, занятых на работах в ОКБ, лабораториях и других работах по заданиям ОКБ:

- продовольственных лимитных книжек по 500 руб. – 5 шт.
- продовольственных лимитных книжек по 300 руб. – 10 шт.
- карточек литер «А» с сухим пайком I группы – 40 шт.
- карточек литер «Б» с сухим пайком II группы – 60 шт.
- карточек Р-4 – 100 шт.
- вторых горячих блюд – 500 шт.
- промтоварных лимитных книжек по 1000 руб. – 2 шт.
- промтоварных лимитных книжек по 750 руб. – 3 шт.
- промтоварных лимитных книжек по 500 руб. – 10 шт.

б) поставить заводу «Электросила» в январе 1946 г. 500 комплектов постельных принадлежностей с одеялами за счёт рыночного фонда.

13. Утвердить на I и II кв. 1946 г. штат ОКБ и лаборатории, занятой на работах ОКБ, в 150 чел. и разрешить народному комиссару электропромышленности в случае необходимости его увеличить.

14. Обязать Наркомфин СССР (т. Зверева) выделить за счёт резервного фонда СНК СССР Наркомэлектропрому для содержания ОКБ, лабораторий и оплаты опытных работ на первое полугодие 1946 г. 7 млн руб.

15. Перевести для работы в ОКБ при заводе «Электросила» и частично для замены отбираемых в ОКБ работников с действующих предприятий Наркомэлектропрома согласно Приложению № 3.

16. Обязать Комитет по делам высшей школы при СНК СССР (т. Кафтанова) отобрать и направить для работы в ОКБ при заводе «Электросила» из числа оканчивающих втузы до 1 июля 1946 г. инженеров-электриков – 60 чел., инженеров-механиков – 25 чел. и из числа оканчивающих аспирантуру инженеров-электриков – 5 чел. по списку, согласованному с Наркомэлектропромом.

17. Обязать Наркомсредмаш (т. Аكوпова) поставить в январе 1946 г. ОКБ завода «Электросила» за счёт фондов Наркомэлектропрома на спецработы легковых автомашин – 5 шт., грузовых автомашин – 6 шт.

18. Возложить контроль за выполнением настоящего Постановления СНК СССР на зам. наркома электропромышленности т. Алексенко Г. В.

Председатель Совета Народных Комиссаров Союза ССР И. Сталин
Управляющий делами Совета Народных Комиссаров СССР Я. Чадаев
[4, с. 92–94].

Текст постановления давал ясно понять, что важность поставленных задач не оставляет времени «на раскачку». Существенным фактором, потребовавшим ускорения работ по осуществлению процесса получения урана-235 методом электромагнитного разделения изотопов, явилась внештатная ситуация, создавшаяся в 1946 г. при строительстве другого завода (г. Новоуральск Свердловской области) – по производству обогащённого урана с применением диффузионного метода разделения изотопов. Разработанная авторами проекта технического оснащения этого завода концепция многоступенчатой диффузионной машины (в отличие от одноступенчатой, принятой американцами) оказалась ошибочной, что стало причиной задержки пуска производства завода на целый год (сентябрь 1947 г. – вместо сентября 1946 г.) [5, с. 39].

Коллектив Особого конструкторского бюро (ОКБ) завода «Электросила», уже имевший к тому времени большой опыт работы, активно включился в решение поставленных перед ним задач. Результатом его деятельности в тесном взаимодействии с Лабораторией № 2 стала докладная записка, которую М. Г. Первухин, И. В. Курчатов и Л. А. Арцимович направили 16 сентября 1946 г. на имя Л. П. Берии, с осени 1945 г. возглавившего спецкомитет по атомной проблеме:

«В конце августа с. г. в Лаборатории № 2 в результате разделения впервые получен изотоп U_{235} с высоким обогащением. Исходя из величины ионного тока, составлявшего во время разделения 40–50 микроампер, количество выделенного изотопа U_{235} соответствует 2–3 микрограммам в час. Таким образом, впервые в Советском Союзе получен изотоп U_{235} методом электромагнитного разделения. Расчётные и экспериментальные работы, проведённые коллективом ОКБ при заводе “Электросила”, позволяют практически подойти к выбору оборудования для промышленного предприятия по разделению

изотопов электромагнитным методом и к строительству такого предприятия. [...] В результате проведённых работ ОКБ завода “Электросила” предложена конструкция многокамерной разделительной установки, позволяющая сократить в пять раз количество перерабатываемого металла (вместо 150 тыс. тонн металла потребуется 25–30 тыс. тонн), и резко сокращается объём строительных работ заводов по разделению [6, с. 490–491].

В начале октября Л. П. Берия обращается к И. В. Сталину с письмом, в котором обосновывалась необходимость проектирования и последующего строительства завода электромагнитной сепарации [6, с. 50]. Сразу после получения письма, 8 октября 1946 г., Сталин подписал Постановление СМ СССР № 2274-949сс «О проектировании завода электромагнитной сепарации». Директивная часть постановления включала в себя всего два пункта:

«1. [...] приступить к проектированию промышленного завода электромагнитной сепарации солей висмута мощностью 150 граммов чистого висмута³ в сутки.

2. [...] разработать и представить на утверждение Совета Министров СССР к 1 января 1947 г. проектное задание по сооружению завода электромагнитной сепарации.

Научным руководителем проекта утвердить проф. Арцимовича Л. А.» [6, с. 54].

Место для строительства завода электромагнитной сепарации по разделению изотопов урана (завод № 814) было выбрано не сразу. Вопрос был решён 10 июня 1947 г., когда Специальный комитет при Совете министров СССР принял предложение А. П. Завенягина, И. В. Курчатова, Л. А. Арцимовича и А. М. Петросьянца осуществить строительство завода № 814 в районе рабочего посёлка Нижняя Тура Исовского района Свердловской области (ныне г. Лесной) [7, с. 12]. Это месторасположение было утверждено Постановлением № 2140-562сс/оп «Вопросы завода № 814», подписанным И. В. Сталиным 19 июня 1947 г. [6, с. 213–214]. В августе 1947 г. было организовано строительное управление № 1418 и начато строительство завода. К концу года на строительстве были заняты уже 2 800 чел., на 1948 г. было запланировано увеличение численности занятых строительством до 10 000 чел.

Состав исполнителей экспериментальной и конструкторской работы по проектированию завода № 814 и созданию электромагнитной разделительной установки промышленного типа в 1947 г. расширился. Помимо Лаборатории № 2 и ОКБ завода «Электросила», к решению научных и опытно-конструкторских проблем были привлечены московский Научно-исследовательский вакуумный институт (НИВИ) под руководством С. А. Векшинского и Институт «А», основную часть сотрудников которого составляли прибывшие для работы в СССР немцы во главе с Манфредом Арденне. В состав Института «А» в 1947 г. входили 187 сотрудников, включая 106 немцев (в их числе учёные и инженеры – 51 чел., мастера, квалифицированные рабочие и лица вспомогательного персонала – 55 чел.) [8, с. 112].

³ Урана.

Основной задачей совместной деятельности всего объединённого коллектива учёных и инженеров являлось создание для строящегося завода № 814 электромагнитной разделительной установки промышленного типа СУ-20. Главными составными частями данной 20-камерной установки являлись: 1) большие электромагниты весом около 3 000 т; 2) вакуумные разделительные камеры весом около 10 т с источниками ионов и приёмниками разделённых изотопов; 3) вакуумные насосы со скоростью откачки до десятков тысяч литров в секунду – для непрерывной откачки камер; 4) электрические агрегаты высокого стабилизированного напряжения для создания направленного потока ионов урана в камерах.

Подключение к работе над электромагнитной разделительной установкой сотрудников Научно-исследовательского вакуумного института и Института «А» в скором времени принесло весомые плоды. В НИВИ для установки СУ-20 был разработан высоковакуумный пароструйный насос с рекордной скоростью откачки 20 000 л/с, а также источник ионов для электромагнитной сепарации изотопов урана-235 и урана-238 с использованием в качестве исходного продукта четырёхфтористой соли обычного урана. Сотрудники Института «А» разработали в 1948 г. усовершенствованный источник ионов с металлическим ураном, доведя продолжительность его непрерывной работы до 14 часов [9, с. 641]. Наряду с этим под руководством М. Арденне было разработано шлюзовое устройство для замены в камере источника ионов и других деталей без нарушения вакуума в общей системе установки.

Срыв сроков начала производства на заводе диффузионного разделения изотопов урана повышал значение строительства и скорейшего ввода в строй завода по разделению изотопов электромагнитным методом. В связи с этим в феврале 1948 г. И. В. Курчатов представил уточнённый план проведения работ по строительству и освоению производства на заводе № 814, указав реально достижимые цифры по выпуску продукции (урана-235) на основе разработанных технологических процессов и оборудования:

«Завод № 814 [...] будет вступать в эксплуатацию очередями. Предполагается ввести в строй в 1950 г. на производительность 150 г чистого урана-235 в сутки. Необходимое для снаряжения одной бомбы количество урана-235 завод № 814 даст в середине 1951 г.» [6, с. 776].

Проект строительства завода № 814, подготовленный под руководством Д. В. Ефремова в ОКБ при заводе «Электросила», предусматривал создание разветвлённого производственного предприятия с большим количеством оборудования. Согласно проекту, работа по сооружению завода должна была выполняться в три очереди: «1-й цех – один агрегат 20 камер и один агрегат 80 камер, 2-й цех – два агрегата 80 камер, 3-й цех – два агрегата 80 камер. Таким образом, предполагалось иметь шесть агрегатов на 420 камер» [6, с. 787]. Планировалось ввести все камеры в действие в 1950 г.

Однако реализация того, что «было гладко на бумаге», встретила неожиданное сопротивление, источником которого стала определённая конкуренция между разработчиками электромагнитного метода – Л. А. Арцимовичем, Д. В. Ефремовым и др. с одной стороны и разработчиками газодиффузи-

онного метода – И. К. Кикоиным с его коллегами – с другой. Создавшаяся обстановка вынудила министра электропромышленности И. Г. Кабанова и главного конструктора специального оборудования Д. В. Ефремова включить в письмо на имя Л. П. Берии о ходе работ по проекту сооружения завода № 814 следующий абзац:

«Необходимость формирования разработки электромагнитного метода и строительство завода были поставлены под сомнение, и даже была назначена экспертиза. Созданная вокруг электромагнитного метода неуверенность привела к недопустимой затяжке работ, ибо проектирование завода, проектирование и подготовка производства специального оборудования были задержаны» [6, с. 788–789].

Одновременно с работой в рамках проекта строительства завода № 814, подготовленного ОКБ при заводе «Электросила», И. В. Курчатовым и Л. А. Арцимовичем была рассмотрена возможность увеличения выпуска высокообогащённого урана-235 в случае использования предварительно обогащённого урана. Заводу № 813 (Верх-Нейвинск), на котором разделение урана производилось диффузионным методом, после проведённой в 1947 г. замены технологического оборудования потребовалось ещё около года, чтобы поднять степень обогащения урана 235-м изотопом до уровня 40–70%. Поскольку для изготовления бомбы требовался уран с более чем 90%-ным содержанием 235-го изотопа, целесообразным вариантом получения высокообогащённого урана-235 теперь представлялось предварительное разделение изотопов урана на заводе № 813 с последующим обогащением ураном-235 до требуемого уровня на заводе № 814.

Вопрос о возможности работы двух заводов «в связке» И. В. Курчатов обстоятельно обсудил с И. К. Кикоиным, осуществлявшим научное руководство заводом № 813. Результатом всех обсуждений стало письмо, направленное 3 марта 1948 г. председателем техсовета Спецкомитета Б. Л. Ванниковым и начальником Первого управления Госплана Н. А. Борисовым на имя Л. П. Берии, в котором было официально представлено предложение И. В. Курчатова, Л. А. Арцимовича и И. К. Кикоина об использовании электромагнитной разделительной установки СУ-20 на заводе № 814 в комбинации с диффузионным методом на заводе № 813, что даст возможность увеличить объём выпуска конечного продукта [6, с. 785].

Появившаяся возможность более эффективного использования производственных возможностей двух заводов стала причиной корректировки планов разработки промышленной технологии получения ядерной взрывчатки разделением изотопов урана. 6 апреля 1948 г. Совет Министров СССР принял постановление «О проектировании и строительстве объекта (завода № 814. – В. Б.) и поставке для первой очереди его оборудования». Трудно сказать, сыграла ли при этом какую-то роль «созданная вокруг электромагнитного метода неуверенность», но для первой очереди строительства завода № 814 постановлением чётко определялись сроки изготовления и поставки оборудования только для 20-камерной установки электромагнитного разделения изотопов (СУ-20). Окончание сооружения установки СУ-20 было намечено к 1 июля 1949 г.

Двадцатикамерная установка СУ-20, занимавшая все шесть этажей построенного для неё здания, стала основным оборудованием изотопного производства завода № 814 (впоследствии – комбинат «Электрохимприбор») в последующие годы. Свою первую продукцию – уран-235 – завод выпустил в декабре 1950 г. До середины 1951 г. им была изготовлена серия образцов урана-235 с обогащением более 90%, полученных в результате обработки урана, предварительно обогащённого на заводе диффузионного разделения изотопов № 813. Образцы урана-235, поставленные заводом № 814, обеспечили снаряжение урано-плутониевым зарядом атомной бомбы РДС-3, успешное испытание которой прошло на Семипалатинском полигоне 18 октября 1951 г.

Тем не менее в последующие годы технология электромагнитного разделения изотопов для обогащения урана не использовалась. К 1952 г. была значительно усовершенствована газодиффузионная технология, оказавшаяся к тому же более производительной и дешёвой. И. К. Кикоин и его коллеги доказали возможность и целесообразность производства урана-235 с применением этой технологии. В дальнейшем обогащение урана производилось газодиффузионным методом, на котором был специализирован завод № 813 [7, с. 26–27].

ОТ РАЗДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ ИЗОТОПОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ (1952–2000-е гг.)

После 1952 г. производственный процесс по урану на заводе № 814 был прекращён. Но установке электромагнитного разделения изотопов СУ-20 после этого не пришлось простаивать. Холодная война между ведущими мировыми державами была в полном разгаре. 31 января 1950 г. президент США Г. Трумэн в своём выступлении сделал заявление, что в его стране ведётся и будет продолжаться работа «над всеми видами атомного оружия, включая так называемую водородную или сверхбомбу» [10, р. 69]. Ответ руководства нашей страны, хотя и предельно засекреченный, был незамедлительным.

26 февраля 1950 г. И. В. Сталин утвердил Постановление Совета Министров СССР № 827-303сс/оп «О работах по созданию РДС-6», первый пункт которого предписывал:

«Обязать Первое главное управление при Совете Министров СССР, Лабораторию № 2 АН СССР и КБ-11 организовать расчётно-теоретические, экспериментальные и конструкторские работы по созданию изделий РДС-6С и РДС-6Т, в первую очередь изделия РДС-6С с добавкой иттрия (условное обозначение трития – В. Б.), тротиловым эквивалентом 1.000.000 тонн и весом изделия до 5 тонн. Установить срок изготовления 1-го экземпляра РДС-6С – 1954 г.» [11, с. 99].

Впервые официально названный в этом постановлении индекс РДС-6 употребляется в двух вариантах: РДС-6С («слойка») и РДС-6Т («труба»). Важнейшей составляющей термоядерного горючего заряда РДС-6С являлся тритий, для получения которого необходим изотоп лития Li-6. Задача

производства нескольких килограммов лития-6 методом электромагнитного разделения изотопов была возложена на завод № 814.

Для того, чтобы перейти от производства изотопа с массой 235 к самому лёгкому из металлов – литию и выделить из него образцы, обогащённые литием-6, заводу потребовались существенная реконструкция установленного оборудования и разработка новой технологии. При разделении изотопов лития в качестве рабочего вещества сначала использовался хлорид лития, затем элементарный литий, обогащённые до 30–40%.

Государственное задание в полном объёме было успешно выполнено в июле 1955 г. – получено необходимое количество лития-6 с обогащением более 90%.

В 1955 г. в деятельности предприятия «Электрохимприбор» (бывший завод № 814) начался новый период, продолжающийся по настоящее время, связанный с большим расширением номенклатуры выпускаемых приборов. К середине 1990-х гг. предприятием было выработано и сдано в государственный фонд 105 стабильных изотопов 47 элементов таблицы Д. И. Менделеева [7, с. 28].

Решение этих задач потребовало разработки мобильных и надёжных технологических линий и оборудования, позволяющих в короткие сроки переходить от одного химического элемента к другому. Теперь уже более чем полувековая история завода позволила прийти к важному выводу, что электромагнитный метод разделения изотопов оказался хорошим средством оперативно ликвидировать дефицит в каких-либо материалах ядерной техники. После оказания такой «первой помощи» дальнейшая работа обычно передаётся другим предприятиям, а изотопное производство переключается на выполнение не менее актуальных задач.

В целом развитие метода электромагнитной сепарации для получения большой номенклатуры изотопов внесло весомый вклад в обеспечение высокого уровня обороноспособности нашей страны и широкого фронта как ядерных исследований, так и применений в промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин, И. Н. Это начиналось в Замоскворечье / И. Н. Головин, Ю. Н. Смирнов // Наука и учёные России в годы Великой Отечественной войны, 1941–1945 : Очерки. Воспоминания. Документы. Москва : Наука, 1996. С. 203–212.
2. Яцков, А. А. Атом и разведка // Вопросы истории естествознания и техники. 1992. № 3. С. 103–107.
3. У истоков советского атомного проекта: роль разведки, 1941–1946 гг. (по материалам архива внешней разведки России) // Вопросы истории естествознания и техники. 1992. № 3. С. 112–113.
4. Атомный проект СССР: Документы и материалы. Т. 2. Атомная бомба. 1945–1954. Кн. 2 / Под общей ред. Л. Д. Рябева. Москва : Наука : Физматлит, 2000. 640 с.
5. Артёмов, Е. Т. Укрощение урана : Страницы истории Урал. электрохим. комбината / Е. Т. Артёмов, А. Э. Беделъ. Новоуральск : СВ-96, 1999. 351 с.
6. Атомный проект СССР. Документы и материалы. Т. 2. Атомная бомба. 1945–1954. Кн. 3 / Под общей ред. Л. Д. Рябева. Москва : Наука : Физматлит, 2002. 896 с.

7. Баташов, В. М. Завод № 814 в Атомном проекте СССР. Документы и материалы / В. М. Баташов, Н. А. Кашеев, В. Н. Кузнецов. Екатеринбург : Полиграфист, 2007. 176 с.

8. Урвалов, В. А. Манфред фон Арденне. 1907–1997: Путь учёного-энциклопедиста: От Веймарской республики до объединённой Германии. Москва : URSS, 2011. 251 с.

9. Атомный проект СССР. Документы и материалы. Т. 2. Атомная бомба. 1945–1954. Кн. 4 / Под общей ред. Л. Д. Рябева. Москва : Наука : Физматлит, 2003. 816 с.

10. York, H. F. The Advisors: Oppenheimer, Teller and Superbomb. San Francisco : W. H. Freeman & Co., 1976. P. 69.

11. Гончаров, Г. А. Термоядерный проект СССР: предыстория и десять лет пути к водородной бомбе // История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. Отв. ред. В. П. Визгин. Санкт-Петербург : РХГИ, 2002. 656 с.

Статья поступила в редакцию 03.12.2020. Принята к публикации 25.01.2021.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Борисов Василий Петрович *borisov7391@yandex.ru*

Доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, Москва, Россия

SCIENTIFIC SEARCH UNDER THE PRESSURE OF HIGH RESPONSIBILITY: DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF ELECTROMAGNETIC ISOTOPE SEPARATION IN THE FRAMEWORK OF THE USSR ATOMIC PROJECT

DOI: 10.19181/smtp.2021.3.1.7

Vasily P. Borisov¹

¹ S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the RAS, Moscow, Russian Federation

Abstract. One of the ways to obtain nuclear explosives for the manufacture of the first atomic bombs was the separation of uranium isotopes by electromagnetic (mass spectrographic) method. The theoretical justification and experimental separation of uranium isotopes by this method was carried out by L. A. Artsimovich in the Laboratory No. 2 of the USSR Academy of Sciences. By the middle of 1945, L. A. Artsimovich had obtained results at the experimental facility indicating the possibility of stable enrichment of uranium with the U-235 isotope using this method. Having the results of the experiments, the Design Bureau at the “Electrosila” plant

(D. V. Efremov), with the participation of the Research Vacuum Institute (S. A. Vekshinsky) and the “A” Institute (M. Ardenne), developed a project of an industrial multi-chamber installation for electromagnetic separation of uranium isotopes SU-20. Such an installation was manufactured and put into operation at the newly created plant in the Urals, which allowed in 1951 to obtain the necessary amount of uranium-235 for the RDS-3 atomic bomb.

After 1952, the technology of electromagnetic separation was no more used for the separation of uranium isotopes due to the improvement of more productive equipment for gas-diffusion separation of isotopes. The equipment of the electromagnetic isotope separation plant built in the Urals was used to produce lithium-6, needed to equip the first thermonuclear charge, which was successfully tested in 1953. In the next years, the electromagnetic isotope separation plant was involved in the manufacture of isotope products for scientific, technical and medical applications at wide range of utilization in Russia and abroad.

Keywords: isotopes, electromagnetic separation, uranium-235, lithium-6, L. A. Artsimovich, D. V. Efremov, S. A. Vekshinsky, M. Ardenne, atomic bomb, thermonuclear charge, RDS-3, RDS-6

For citation: Borisov, V. P. (2021). Scientific search under the pressure of high responsibility: development of the technology of electromagnetic isotope separation in the framework of the USSR Atomic project. *Science Management: Theory and Practice*. Vol. 3, no. 1. Pp. 120–135. DOI: 10.19181/sntp.2021.3.1.7

REFERENCES

1. Golovin, I. N. and Smirnov, Yu. N. (1996). Eto nachinalos' v Zamoskvorech'e [It started in Zamoskvorechye]. *Nauka i uchenye Rossii v gody Velikoi Otechestvennoi voiny, 1941–1945: Ocherki. Vospominaniya. Dokumenty*. Moscow: Nauka. Pp. 203–212. (In Russ.).
2. Yatskov, A. A. (1992). Atom i razvedka [Atom and exploration]. *Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki*. No. 3. Pp. 103–107. (In Russ.).
3. U istokov sovetskogo atomnogo proekta: rol' razvedki, 1941–1946 gg. (po materialam arkhiva vneshnei razvedki Rossii) [At the Origins of the Soviet atomic project: the role of intelligence, 1941-1946 (based on the materials of the archive of Russian Foreign Intelligence)]. (1992). *Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki*. No. 3. Pp. 112–113. (In Russ.).
4. *Atomnyi proekt SSSR: Dokumenty i materialy. T. 2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 2.* [The atomic project of the USSR: Documents and materials. Vol. 2. The Atomic Bomb. 1945–1954. Book 2]. (2000). Ed. by L. D. Ryabev. Moscow, Sarov: Fizmatlit. 640 p. (In Russ.).
5. Artemov, E. T. and Bedel', A. E. (1999). *Ukroshchenie urana* [The taming of Uranus]. Ekaterinburg. 352 p. (In Russ.).
6. *Atomnyi proekt SSSR. Dokumenty i materialy. T. 2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 3.* [The atomic project of the USSR: Documents and materials. Vol. 2. The Atomic Bomb. 1945–1954. Book 3]. (2002). Ed. by L. D. Ryabev. Moscow, Sarov: Fizmatlit. 896 p. (In Russ.).
7. Batashov, V. M., Kashcheev, N. A. and Kuznetsov, V. N. (2007). *Zavod № 814 v Atomnom proekte SSSR. Dokumenty i materialy* [Plant No. 814, in the Atomic project of the USSR. Documents and materials]. Ekaterinburg. 176 p. (In Russ.).

8. Urvalov, V. A. (2011). *Manfred von Ardenne. 1907–1997: Put' uchenogo-entsiklopedista: Ot Veimarskoi respubliki do ob"edinennoi Germanii* [Manfred von Ardenne. 1907–1997: The path of the encyclopedic scholar: From the Weimar Republic to the united Germany]. Moscow: URSS. 251 p. (In Russ.).

9. *Atomnyi projekt SSSR. Dokumenty i materialy. T. 2. Atomnaya bomba. 1945–1954. Kn. 4.* [The atomic project of the USSR: Documents and materials. Vol. 2. The Atomic Bomb. 1945–1954. Book 4]. (2003). Ed. by L. D. Ryabev. Moscow, Sarov: Fizmatlit. 2003. 816 p. (In Russ.).

10. York, H. F. (1976). *The Advisors: Oppenheimer, Teller and Superbomb*. San Francisco: W. H. Freeman & Co. P. 69.

11. Goncharov, G. A. (2002). *Termoyadernyi projekt SSSR: predystoriya i desyat' let puti k vodorodnoi bombe* [The thermonuclear project of the USSR: prehistory and ten years of the road to the hydrogen bomb]. *Istoriya sovetskogo atomnogo proekta: dokumenty, vospominaniya, issledovaniya. Vyp. 2.* Ed. by V. P. Vizgin. St-Petersburg: RKhGI. 656 p. (In Russ.).

The article was submitted on 03.12.2020. Accepted on 25.01.2021.

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Borisov Vasily 7391@yandex.ru

Doctor of Engineering, Main researcher, S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the RAS, Moscow, Russian Federation